ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଓ ଚୁମ୍ବକବିଜ୍ଞାନ

ଅଧ୍ୟାପକ ପ୍ରଫୁଲ୍ଲ ଚନ୍ଦ୍ର ଦାସ

ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟ ପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଓ ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନ

ଲେଖକ

ଶ୍ରୀ ପ୍ରଫୁଲ୍ଲ ଚନ୍ଦ୍ର ଦାସ,

ମୁଖ୍ୟ ଅଧ୍ୟାପକ, ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ ବିଭାଗ,

ଅନୁଗୁଳ କଲେଜ, ଅନୁଗୁଳ

୧୯୭୪



ପ୍ରକାଶକ

ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା,

ଭୁବନେଶ୍ୱର

MAGNETISM & ELECTRICITY

Physics

For Degree students

Published under the Scheme of Production of Books and literature in regional languages at the University level sponsored by the Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare (Department of Culture), NEW DELHI.

Written by

Sri PRAFULLA CHANDRA DAS,

Reader and Head of the Deptt. of Physics,
Angul College, Angul.

Reviewed by

Sri SRINIBAS PANDA, M. Sc

Reader in Physics,
Khallikot College, Berhampur.

FIRST EDITION 1975

Published by

Orissa State Bureau of Text-Book Preparation and Production,
Bhubaneswar, Orissa

Publication No. 58

Printed by

GURUPRASANNA PRESS
Kazi bazar, Cuttack-1

PRICE Rs. 20-00

ଉପୋଦ୍‌ଘାତ

ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ଶିକ୍ଷାର ମାତୃଭାଷା ମାଧ୍ୟମ ନୀତି ଗୃହୀତ ହେବା ଫଳରେ ଓଡ଼ିଶାର ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଉଚ୍ଚକୋଟୀର ପୁସ୍ତକମାନ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଛି । ଏଧରଣର ପୁସ୍ତକ ଯେତେ ଅଧିକା ପ୍ରକାଶ ପାଇବ, ଆମ ଭାଷା ପକ୍ଷରେ ସେତେ ମଙ୍ଗଳ ହେବ । ପୃଥିବୀର ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ଦେଶରେ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନେ ମାତୃଭାଷାରେ ଜ୍ଞାନ ଆହରଣ କରି କାର୍ଯ୍ୟକ୍ଷେତ୍ରରେ ତାହାର ବିନିଯୋଗ କରନ୍ତି । ଭାରତରେ ମଧ୍ୟ ଏ ଦିଗରେ ପ୍ରଚେଷ୍ଟା ଚାଲିଛି । ଓଡ଼ିଶାରେ ଭାରତ ସରକାରଙ୍କ ପକ୍ଷରୁ ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଅଛି । ଏହି ସଂସ୍ଥା ଓଡ଼ିଆ ଭାଷାରେ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ କରିବାର ଦାୟିତ୍ୱ ବହନ କରିଛି । ସୁଖର କଥା ଓଡ଼ିଶାର ବିଦ୍ୱାନ ଅଧ୍ୟାପକବୃନ୍ଦ ଏ ସଂସ୍ଥାକୁ ସହଯୋଗ କରିଆସୁଛନ୍ତି । ପ୍ରସ୍ତୁତ 'ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ ଓ ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନ' ପୁସ୍ତକଟି ଓଡ଼ିଶାର ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ ବି. ଏସ୍‌ସି. (ପାସ୍‌) ଶ୍ରେଣୀର ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ । ଏହି ପୁସ୍ତକଟିକୁ ଅନୁଗୁଳ କଲେଜର ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନର ମୁଖ୍ୟ ଅଧ୍ୟାପକ ଶ୍ରୀ ପ୍ରଫୁଲ୍ଲ ଚନ୍ଦ୍ର ଦାସ ଲେଖିଥିବାରୁ ଏବଂ ଖଲ୍ଲିକୋଟ କଲେଜର ଉପାଧ୍ୟକ୍ଷ ଶ୍ରୀ ଶ୍ରୀନିବାସ ପଣ୍ଡା ଏହାର ସମୀକ୍ଷା କରିଥିବାରୁ, ମୁଁ ଏ ସଂସ୍ଥା ତରଫରୁ ଉଭୟଙ୍କୁ ଧନ୍ୟବାଦ ଜ୍ଞାପନ କରୁଛି ।

ଏହି ପୁସ୍ତକଟି ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀ ତଥା ଅଧ୍ୟାପକ ସମାଜରେ ଆଦୃତ ହେବ ବୋଲି ମୋର ଆଶା ।

ଭୁବନେଶ୍ୱର
୧ । ୨ । ୭୫

ଶ୍ରୀନିବାସ ସାହୁ
ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ
ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ
ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା

ଭୂମିକା

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଓ ଚୁମ୍ବକ ବିଜ୍ଞାନ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ଏହି ପୁସ୍ତକଟି ଓଡ଼ିଶାର ବିଭିନ୍ନ ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟର ସ୍ନାତକ (ପାସ୍) ଶ୍ରେଣୀ ପାଠ୍ୟକ୍ରମ ଅନୁସରଣରେ ଲିଖିତ । ଏହି ପୁସ୍ତକରେ କ୍ଲିଷ୍ଟ ଭୌତିକ ତତ୍ତ୍ୱଗୁଡ଼ିକର ଅବତାରଣା ଓ ଆଲୋଚନା ଖୁବ୍ ସରଳ ଏବଂ ସାବଲୀଳ ଭାଷାରେ କରାଯାଇଛି ଓ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନଙ୍କ ପାଇଁ ଏହା ଖୁବ୍ ସହଜ ଓ ବୋଧଗମ୍ୟ ହେବ ବୋଲି ମୋର ଆଶା । ପୁସ୍ତକରେ ବ୍ୟବହୃତ ପାରିଭାଷିକ ଶବ୍ଦଗୁଡ଼ିକ ମୁଖ୍ୟତଃ ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା ଆନୁକୂଲ୍ୟରେ ପ୍ରକାଶିତ "ବୈଜ୍ଞାନିକ ପରିଭାଷା"ରୁ ଓ ଆବଶ୍ୟକ ସ୍ଥଳେ ସ୍ୱୀକୃତ ଅଭିଧାନରୁ ସଂଗୃହୀତ । ଓଡ଼ିଆ ଭାଷାରେ ସ୍ନାତକ ଶ୍ରେଣୀ ନିମିତ୍ତ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନରେ ପୁସ୍ତକ ଲେଖିବା ଏହା ମୋର ପ୍ରଥମ ଉଦ୍ୟମ; ତେଣୁ ସମସ୍ତ ଯତ୍ନ ସତ୍ତ୍ୱେ ପୁସ୍ତକଟିରେ ଭାଷାଗତ ତଥା ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ତ୍ରୁଟି ରହିବା ସ୍ୱାଭାବିକ । ଏ ତ୍ରୁଟି ମୋ ଦୃଷ୍ଟିକୁ ଆଣିବା ପାଇଁ ସହୃଦୟ ପାଠକପାଠିକାମାନଙ୍କୁ ମୋର ବିନୀତ ଅନୁରୋଧ ଓ ତାହା ପରବର୍ତ୍ତୀ ସଂସ୍କରଣରେ ସଂଶୋଧନ କରାହେବ । ଏହି ପୁସ୍ତକ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀ ତଥା ଅଧ୍ୟାପକ ମହଲରେ ଆଦୃତ ହେଲେ, ମୋର ଶ୍ରମ ସାର୍ଥକ ହେବ ବୋଲି ଆଶା ଓ ବିଶ୍ୱାସ ।

ଓଡ଼ିଶା ରାଜ୍ୟ ପାଠ୍ୟପୁସ୍ତକ ପ୍ରଣୟନ ଓ ପ୍ରକାଶନ ସଂସ୍ଥା ଏ ପୁସ୍ତକ ପ୍ରକାଶନର ସମସ୍ତ ଦାୟିତ୍ୱ ନେଇଥିବାରୁ ମୁଁ ଏହି ସଂସ୍ଥା ନିକଟରେ ଚିରକୃତଜ୍ଞ । ପାଣ୍ଡୁଲିପି ପ୍ରସ୍ତୁତ ବେଳେ ପୁସ୍ତକସ୍ଥ ଚିତ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଅଙ୍କନ କରିବାରେ ମୋର ପୁତ୍ର ଶ୍ରୀମାନ ପ୍ରଣବ କୁମାର ଓ ଶ୍ରୀମାନ ପ୍ରବୀର କୁମାର ମୋତେ ଯଥେଷ୍ଟ ସାହାଯ୍ୟ କରିଥିବାରୁ ମୁଁ ସେମାନଙ୍କୁ ହାର୍ଦ୍ଦିକ ଶ୍ରଦ୍ଧା ଜ୍ଞାପନ କରୁଛି । ପୁସ୍ତକ ପ୍ରସ୍ତୁତ ସମୟରେ ମୁଁ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଇଂରାଜୀ ପୁସ୍ତକର ସାହାଯ୍ୟ ନେଇଛି ଓ ସେହି ପୁସ୍ତକଗୁଡ଼ିକର ଲେଖକମାନଙ୍କ ନିକଟରେ ମୁଁ ଚିରଋଣୀ ।

ପ୍ରଫୁଲ୍ଲ ଚନ୍ଦ୍ର ଦାସ

References

1. Electricity and Magnetism
For Degree students
by S. G. Starling.

2. Principles of Electricity
by Dr. L. Page and Dr. N. I. Adams, (Jr.)

3 Fundamentals of Magnetism and Electricity
For B. Sc. students
by Dr. N. Vasudeva.

4. A Text-Book of Magnetism and Electricity
For B. Sc. students
by N. S. Khare and Dr. S. S. Srivastava.

5. College Physics—Vol. II and Vol. IV
For Pass Degree students
by Dr. D. B. Sinha and J. M. Das Sarma.

ସୂଚୀ

ପରିଚ୍ଛେଦ ୧ – ପ୍ରାକୃତିକ ଓ କୃତ୍ରିମ ଚୁମ୍ବକ : ପୃଷ୍ଠା ୧

ପରିଚ୍ଛେଦ ୨ – ଚୁମ୍ବକୀୟ ମାପ, ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର : ପୃଷ୍ଠା ୫୫

ପରିଚ୍ଛେଦ ୩ – ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ:ପଦାର୍ଥର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଧର୍ମ : ପୃଷ୍ଠା ୭୮

ପରିଚ୍ଛେଦ ୪ – ଭୂଚୁମ୍ବକତ୍ୱ : ପୃଷ୍ଠା ୧୨୧

ପରିଚ୍ଛେଦ ୫ – ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଜ୍ଞାନ : ପୃଷ୍ଠା ୧୫୧

ପରିଚ୍ଛେଦ ୬ – ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଓ ତାହାର ପ୍ରୟୋଗ : ପୃଷ୍ଠା ୧୮୩

ପରିଚ୍ଛେଦ ୭ – ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ : ପୃଷ୍ଠା ୨୦୭

ପରିଚ୍ଛେଦ ୮ – ଧାରକତ୍ୱ ଓ ଧାରିତ୍ର : ପୃଷ୍ଠା ୨୨୫

ପରିଚ୍ଛେଦ ୯ – ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର ଓ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାପନ : ପୃଷ୍ଠା ୨୬୨

ପରିଚ୍ଛେଦ ୧୦ – ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯନ୍ତ୍ର, ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ : ପୃଷ୍ଠା ୨୯୪

ପରିଚ୍ଛେଦ ୧୧ – ପ୍ରବାହୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଜ୍ଞାନ : ପୃଷ୍ଠା ୩୦୩

ପରିଚ୍ଛେଦ ୧୨ – ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ — କିର୍‌ଚଫ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ : ପୃଷ୍ଠା ୩୨୩

ପରିଚ୍ଛେଦ ୧୩ – ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଜ୍ଞାନ : ପୃଷ୍ଠା ୩୪୭

ପରିଚ୍ଛେଦ ୧୪ – ଗାଲଭାନୋମିଟର, ଏମ୍ମିଟର ଓ ଭୋଲ୍‌ଟମିଟର : ପୃଷ୍ଠା ୩୬୪

ପରିଚ୍ଛେଦ ୧୫—ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାପ : ପୃଷ୍ଠା ୪୧୨

ପରିଚ୍ଛେଦ ୧୬– ତାପ ବିଦ୍ୟୁତ୍ : ପୃଷ୍ଠା ୪୪୮

ପରିଚ୍ଛେଦ ୧୭—ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା –
ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ : ପୃଷ୍ଠା ୪୯୦

ପରିଚ୍ଛେଦ ୧୮—ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ : ପୃଷ୍ଠା ୫୩୪

ପରିଚ୍ଛେଦ ୧୯– ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ : ପୃଷ୍ଠା ୬୦୪

ପରିଚ୍ଛେଦ ୨୦– ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥ : ପୃଷ୍ଠା ୬୩୩

ପ୍ରଥମ ଭାଗ

ପ୍ରଥମ ପରିଚ୍ଛେଦ

ପ୍ରାକୃତିକ ଓ କୃତ୍ରିମ ଚୁମ୍ବକ

ବହୁ ପ୍ରାଚୀନ କାଳରେ ଏସିଆମାଇନରର ମେଗ୍ନେସିଆ ନାମକ ସ୍ଥାନରେ ଗ୍ରେଣ୍ଟ ଗ୍ରେଣ୍ଟ ଲୌହଖଣ୍ଡକୁ ଆକର୍ଷଣ କରିପାରୁଥିବା ଏକ ପ୍ରକାର ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଥିଲା । ଏହି ଖଣିଜ ପଥର ଲୌହ ଓ ଅମ୍ଳଜାନର ଏକ ଯୌଗିକ (Fe_3O_4) ଓ ଏହାର ନାମ 'ମାଗ୍ନେଟାଇଟ୍' (Magnetite) । ମେଗ୍ନେସିଆଠାରେ ଏହା ପ୍ରଥମେ ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଥିବାରୁ ଇଂରାଜୀ ଭାଷାରେ ଏହାକୁ "ମାଗନେଟ୍" କୁହାଗଲା । ସଂସ୍କୃତ ତଥା ଓଡ଼ିଆ ଭାଷାରେ ଏହାକୁ 'ଚୁମ୍ବକ' କହନ୍ତି । ପ୍ରାଚୀନ ଆର୍ଯ୍ୟ ଦାର୍ଶନିକମାନେ ଚୁମ୍ବକର ଆକର୍ଷଣୀ ଶକ୍ତି ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଜାଣିଥିଲେ । ବେଦରେ ମଧ୍ୟ ଚୁମ୍ବକ ଓ ତାହାର ରହସ୍ୟମୟ ଓ ଆରୋଗ୍ୟକାରୀ ଧର୍ମ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ବର୍ଣ୍ଣନା ଅଛି । ଲୌହକୁ ଆକର୍ଷଣ କରିବା ବ୍ୟତୀତ ଏହାର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶକ ଧର୍ମ ମଧ୍ୟ ଅଛି । ପ୍ରାଚୀନ କାଳରେ ନାବିକମାନେ ଚୁମ୍ବକ ପଥରକୁ ସମୁଦ୍ର ମଧ୍ୟରେ ପଥପ୍ରଦର୍ଶକ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରୁଥିଲେ ଓ ସେଥିପାଇଁ ଏହା "ପଥପ୍ରଦର୍ଶକ ପଥର" (Leading tone) ବା ଲୋଡ଼୍‌ଷ୍ଟୋନ୍ (Lode stone) ନାମରେ ଅଭିହିତ । ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ମିଳୁଥିବାରୁ ଲୌହର ଏହି ମାଗ୍‌ନେଟାଇଟ୍ ବା ସେହି ଧରଣର ଲୌହର ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ପାଇରାଇଟ୍‌କୁ (Iron Pyrites) "ପ୍ରାକୃତିକ ଚୁମ୍ବକ" କୁହାଯାଏ ।

ପ୍ରାକୃତିକ ଚୁମ୍ବକର ଆକର୍ଷଣୀ ଶକ୍ତି ଖୁବ୍ କ୍ଷୀଣ ହୋଇଥିବାରୁ ବିଜ୍ଞାନ ତଥା ବୈଷୟିକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହା ବିଶେଷଭାବରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏନାହିଁ । ଏହା ପରିବର୍ତ୍ତେ କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ବିଭିନ୍ନ ରୀତି ଦ୍ୱାରା ଲୌହ, ଇସ୍ପାତ୍, କୋବାଲ୍ଟ୍, ନିକେଲ ବା ସେମାନଙ୍କର ମିଶ୍ରଧାତୁରୁ ପ୍ରସ୍ତୁତ "କୃତ୍ରିମ ଚୁମ୍ବକ" ଆଜିକାଲି ବହୁଳ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଅଛି ।

କୃତ୍ରିମ ଚୁମ୍ବକ ସ୍ଥାୟୀ (Permanent) ବା ଅସ୍ଥାୟୀ (Temporary) ହୋଇପାରେ । ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବା ପାଇଁ ସାଧାରଣତଃ ଶତକଡ଼ା 5 ଭାଗ ଟଙ୍ଗଷ୍ଟେନ ଓ 0·5 ଭାଗ ଅଙ୍ଗାର ମିଶ୍ରିତ ଇସ୍ପାତ୍ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ଓ ଏହା ବହୁଦିନ ଧରି ତାହାର ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଧରିରଖିବା ପାଇଁ ସେଥିରେ ଶତକଡ଼ା 4 ଭାଗ ମୋଲିବ୍‌ଡେନମ୍ (Molybdenum) ମିଶାଯାଏ । ଗ୍ରେଣ୍ଟ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକଠାରୁ ଦୀର୍ଘ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକରେ

ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଦୀର୍ଘଦିନ ରହେ । ପୁନଶ୍ଚ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକଠାରୁ ଘୋଡ଼ାନାଲ ଚୁମ୍ବକ ବା *U*-ଆକାରର ଚୁମ୍ବକରେ ତାହାର ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଅଧିକ ଦିନ ରହେ । ସେଥିପାଇଁ ଗାଲ୍-ଭାନୋମିଟର, ଏମିଟର୍, ଭୋଲ୍ଟମିଟର ତଥା ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାପ ଯନ୍ତ୍ରରେ ଘୋଡ଼ାନାଲ ଚୁମ୍ବକ ବା (ପ୍ରାୟ) ବୃତ୍ତ ବଳୟ ଚୁମ୍ବକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରକାର ଚୁମ୍ବକର ମେରୁପ୍ରାବଲ୍ୟ ମଧ୍ୟ ବହୁଦିନ ଧରି ସ୍ଥିର ରହେ । ଖୁବ୍ ସ୍ଥାୟୀ ଓ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଚୁମ୍ବକ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିବାପାଇଁ ସାଧାରଣତଃ ଇସ୍ପାତ୍, କ୍ରୋମିୟମ୍ ଓ ଟଙ୍ଗ୍‌ଷ୍ଟେନ୍‌ର ଏକ ମିଶ୍ରଧାତୁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଆଜିକାଲି ଯେଉଁ ଶକ୍ତିଶାଳୀ 'ଏଲ୍‌ନିକୋ' (Alnico) ଚୁମ୍ବକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଛି ତାହା ଲୌହ, ଏଲୁମିନିୟମ୍, କୋବାଲ୍ଟ ଓ କପର ପ୍ରଭୃତିର ମିଶ୍ରଧାତୁରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ ହୋଇଥାଏ ।

1·2 ଚୁମ୍ବକ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ କେତେକ ସଂଜ୍ଞା :

ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ :—ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକକୁ ଲୌହ ଗୁଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ବୁଡ଼ାଇ ବାହାର କରି ଆଣିଲେ ତାହାର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଅଧିକ ପରିମାଣରେ ଲୌହଗୁଣ୍ଡ ଲାଗି-ଥିବାର ଓ ତାହାର ମଧ୍ୟଭାଗରେ ଆଦୌ ଲୌହଗୁଣ୍ଡ ଲାଗି ନ ଥିବାର ଦେଖାଯାଏ । ଚୁମ୍ବକର ଯେଉଁ ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁରେ ଅଧିକ ଲୌହଗୁଣ୍ଡ ଲାଗି ରହିଥିବାର ଦେଖାଯାଏ ଅର୍ଥାତ୍ ଯେଉଁ ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକର ଆକର୍ଷଣ ଶକ୍ତି ସର୍ବାଧିକ ସେହି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁକୁ ଚୁମ୍ବକର 'ମେରୁ' (Pole) କୁହାଯାଏ । ସମସ୍ତ ପ୍ରକାର ଚୁମ୍ବକର ଏହିପରି ଦୁଇଟି ମେରୁ ଥାଏ ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ **'ଉତ୍ତରମେରୁ'** ଓ ଅନ୍ୟଟି **'ଦକ୍ଷିଣମେରୁ'** । ଯେଉଁ ଅଞ୍ଚଳରେ ଆଦୌ ଲୌହଗୁଣ୍ଡ ଲାଗି ନ ଥାଏ ତାହାକୁ **କ୍ଲୀବ ଅଞ୍ଚଳ** (Neutral region) କହନ୍ତି । କୌଣସି ଚୁମ୍ବକର ମେରୁଦ୍ୱୟର ପ୍ରାବଲ୍ୟ ପରସ୍ପର ସହିତ ସମାନ ଓ ସେମାନଙ୍କୁ ପରସ୍ପରଠାରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରିବା ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ।

ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକକୁ ସୂତା ସାହାଯ୍ୟରେ ତାହାର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ରରେ ମୁକ୍ତ ଓ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଝୁଲାଇଲେ ତାହା ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉତ୍ତର-ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗରେ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ରହେ । ଚୁମ୍ବକର ଯେଉଁ ମେରୁ ଉତ୍ତର ଦିଗକୁ ରହେ ତାହାକୁ ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁ ଓ ଯେଉଁ ମେରୁ ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗକୁ ରହେ ତାହାକୁ ଚୁମ୍ବକର ଦକ୍ଷିଣମେରୁ କୁହାଯାଏ ।

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅକ୍ଷ :—ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇମେରୁକୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ସରଳରେଖାକୁ 'ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅକ୍ଷ' କୁହାଯାଏ ।

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ :—କୌଣସି ଚୁମ୍ବକର ମେରୁଦ୍ୱୟ ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଅବସ୍ଥିତ ନ ହୋଇ ଟିକିଏ ଭିତରକୁ ରହିଥାନ୍ତି । ଏହି ମେରୁଦ୍ୱୟର ଦୂରତ୍ୱକୁ "ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ" କୁହାଯାଏ ଓ ଏହା ଚୁମ୍ବକର ଜ୍ୟାମିତିକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ପ୍ରାୟ ଶତକଡ଼ା 85 ଅଟେ ।

1·3 ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ କ୍ରିୟା :

ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁର ନିକଟସ୍ଥ ହେଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ବିକର୍ଷଣ ହୁଏ । ସେହିପରି ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ଦକ୍ଷିଣ-ମେରୁକୁ ବିକର୍ଷଣ କରେ । ପୁନଶ୍ଚ ଯଦି ପ୍ରଥମ ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁ ଦ୍ୱିତୀୟ ଚୁମ୍ବକର ଦକ୍ଷିଣମେରୁର ନିକଟସ୍ଥ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ଆକର୍ଷଣ କରନ୍ତି । ଏଥିରୁ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ **ଦୁଇଟି ସଦୃଶ ମେରୁ ପରସ୍ପରକୁ ବିକର୍ଷଣ ଓ ଦୁଇଟି ଅସଦୃଶମେରୁ ପରସ୍ପରକୁ ଆକର୍ଷଣ କରନ୍ତି ।**

1.4 ଭୂଚୁମ୍ବକ :

କୌଣସି ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକକୁ ମୁକ୍ତ ଓ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ତାହାର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ରରେ ଝୁଲାଇଲେ ତାହା ଦୋଳିତ ହୋଇ ପରିଶେଷରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ଅବସ୍ଥାନ କରେ । ଏହା ଯେ କୌଣସି ଏକ ବାହ୍ୟ ଆକର୍ଷଣୀ ଶକ୍ତି ଫଳରେ ଏପରି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ଅବସ୍ଥାନ କରେ ଏଥିରେ ସନ୍ଦେହ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକ କେବଳ ଅନ୍ୟ ଏକ ଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱାରା ଆକର୍ଷିତ ହୋଇପାରେ । ଏହି ବିଷୟ ଅନୁଧାନ କରି ଡ. ଗିଲବାର୍ଟ (ଖ୍ରୀ 1600) ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ ପୃଥିବୀ ଏକ ବୃହତ୍ ଚୁମ୍ବକ ଓ ଏହାର ମଧ୍ୟ ଉତ୍ତର ଓ ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ଅଛି । ଏହି ଭୂଚୁମ୍ବକର ଅକ୍ଷ ଭୌଗୋଳିକ ଉତ୍ତର ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗ ସହିତ ପ୍ରାୟ $17°$ ଆନତ ଓ ଏହାର ଦିଗକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉତ୍ତର-ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗ କୁହାଯାଏ । ବାସ୍ତବରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉତ୍ତର ଦିଗରେ ଭୂଚୁମ୍ବକର ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗରେ ଭୂଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁ ଅଛି । ସେଥିପାଇଁ ଝୁଲନ୍ତ ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉତ୍ତରଦିଗ ସହିତ ଓ ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଅବସ୍ଥାନ କରେ ।

1.5 ଚୁମ୍ବକୀୟ ଓ ଅଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ :

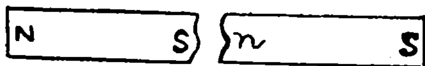
ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହେଉଥିବା ପଦାର୍ଥକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଓ ପ୍ରଭାବିତ ହେଉ ନ ଥିବା ପଦାର୍ଥକୁ ଅଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ କୁହାଯାଏ । କିନ୍ତୁ 1845 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ

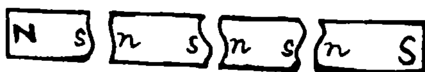
ବୈଜ୍ଞାନିକ ଫାରାଡ଼େ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ ସମସ୍ତ ପଦାର୍ଥ ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱାରା ଊଣା ଅଧିକେ ପ୍ରଭାବିତ ହୁଅନ୍ତି । କେତେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହି ପ୍ରଭାବ ଖୁବ୍ କ୍ଷୀଣ ହେଉଥିବା ହେତୁ ତାହା ସହଜରେ ଜାଣିହୁଏ ନାହିଁ । କେତେକ ପଦାର୍ଥ ଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱାରା ଆକର୍ଷିତ ହୁଅନ୍ତି ଓ କେତେକ ବିକର୍ଷିତ ହୁଅନ୍ତି । ଏହି ଆକର୍ଷଣ ଓ ବିକର୍ଷଣ ଅନୁଯାୟୀ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକୁ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଇଛି । ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱାରା ଅଧିକ ଆକର୍ଷିତ ହେଉଥିବା ଲୌହ, କୋବାଲ୍ଟ, ନିକେଲ ପ୍ରଭୃତି ପଦାର୍ଥକୁ "ଲୌହ ଚୁମ୍ବକୀୟ" (Ferromagnetic) ପଦାର୍ଥ ଓ କ୍ଷୀଣ ଆକର୍ଷିତ ହେଉଥିବା ପଦାର୍ଥକୁ "ସମଚୁମ୍ବକୀୟ" (Paramagnetic) ପଦାର୍ଥ କୁହାଯାଏ । କେତେକ ପଦାର୍ଥ ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱାରା ବିକର୍ଷିତ ମଧ୍ୟ ହୁଅନ୍ତି ଓ ସେହି ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକୁ "ପ୍ରତିଚୁମ୍ବକୀୟ" (Diamagnetic) ପଦାର୍ଥ କହନ୍ତି ।

1·6 ଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ଆଣବିକ ତତ୍ତ୍ୱ (Molecular theory of magnetism) :

ପ୍ରତ୍ୟେକ ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇଗୋଟି ବିପରୀତ ମେରୁ ଥାଏ ଏବଂ ଏହି ମେରୁଦ୍ୱୟକୁ ପରସ୍ପରଠାରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରିବା ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ । ଯଦି କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକୁ ଭାଙ୍ଗି ସମାନ ଦୁଇଖଣ୍ଡ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଖଣ୍ଡ ଗୋଟିଏ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଖଣ୍ଡରେ ଦୁଇଗୋଟି ବିପରୀତ ମେରୁ ଉପଜାତ ହୁଏ (ଚିତ୍ର ନଂ 1·1) । ପ୍ରତ୍ୟେକ ଖଣ୍ଡ ଯେ ଗୋଟିଏ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚୁମ୍ବକ ତାହା ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ସତ୍ୟାପନ କରାଯାଇପାରେ । ପୁନଶ୍ଚ ଯଦି ଏହି ଦୁଇଖଣ୍ଡର ପ୍ରତ୍ୟେକକୁ କାଟି ଅର୍ଦ୍ଧେକ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ତାହାର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଭାଗ ମଧ୍ୟ ଗୋଟିଏ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହିପରି ଯଦି କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକୁ କ୍ରମାଗତ ଭାଙ୍ଗି କ୍ଷୁଦ୍ର ଖଣ୍ଡରେ ପରିଣତ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ତାହାର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅଂଶ ଦୁଇଗୋଟି ବିପରୀତ ମେରୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଦୁଇଗୋଟି ମେରୁକୁ ପରସ୍ପରଠାରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରିବା କୌଣସି ପ୍ରକାରରେ ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ।



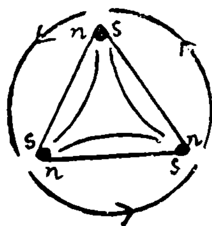




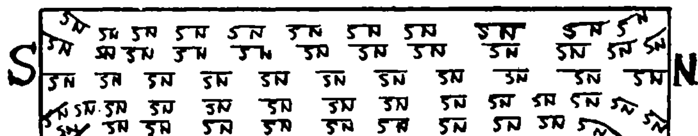
(ଚିତ୍ର ନଂ 1.1)

ଉପରୋକ୍ତ ଭାବରେ ଯଦି କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକୁ କ୍ରମିକ ବିଭାଜନ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ଅବଶେଷରେ ତାହା ଅଣୁ ଅବସ୍ଥାରେ ପହଞ୍ଚିବ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅଣୁ ମଧ୍ୟ ଦୁଇଗୋଟି ବିପରୀତ ମେରୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚୁମ୍ବକ ପରି ବ୍ୟବହାର କରିବ । ଏହି ଘଟଣାକୁ ଭିତ୍ତି କରି ବିଶିଷ୍ଟ ଜର୍ମାନ୍ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଓ୍ୱେବେର୍ (Weber) 1852 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ "ଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ଆଣବିକ ତତ୍ତ୍ୱ" ପ୍ରତିପାଦନ କରିଥିଲେ ଓ ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ତାଙ୍କର ଏହି ମତବାଦ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଇଉଇଙ୍ଗ୍ (Ewing)ଙ୍କ ଦ୍ୱାରା 1890 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ବିକାଶ ଲାଭ କରିଥିଲା ।

ଏହି ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ (i) ପ୍ରତ୍ୟେକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ଗୋଟିଏ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଚୁମ୍ବକ । ଏହି କ୍ଷୁଦ୍ର ଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକୁ **"ଓ୍ୱେବେର କଣିକା"** **(Weber element)** କୁହାଯାଏ । (ii) ଚୁମ୍ବକିତ ହୋଇ ନ ଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ବର୍ଗ (Closed group) ବା ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଶୃଙ୍ଖଳ (Closed chain) ଭାବରେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇ ରହିଥାନ୍ତି । ଏହି ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଶୃଙ୍ଖଳରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 1·2) ଗୋଟିଏ ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁ ଅନ୍ୟ ଗୋଟିଏ ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକର ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ନିକଟରେ ଥାଏ । ଏହିପରି ଭାବରେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇ ରହିବା ଫଳରେ ବିପରୀତ ମେରୁଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପରର ପ୍ରଭାବକୁ ପ୍ରଶମିତ (Neutralise) କରିଦିଅନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଏହି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଯେତେବେଳେ କୌଣସି ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁର ନିକଟସ୍ଥ ହୁଏ ସେତେବେଳେ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଶୃଙ୍ଖଳଗୁଡ଼ିକ ଭାଙ୍ଗିଯାଏ ଏବଂ ଆକର୍ଷଣ ଫଳରେ ଅଣୁଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକ ଘୂରିଯାଇ କେତେକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଧାଡ଼ିରେ ବା ରେଖାରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 1·3) ସଜ୍ଜିତ ହୋଇ ଅବସ୍ଥାନ କରନ୍ତି । ଏହି ଅବସ୍ଥାନ କାଳରେ ସମସ୍ତ ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକର ଉତ୍ତରମେରୁ ରେଖାର ଏକକ



(ଚିତ୍ର ନଂ 1·2)
[ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଶୃଙ୍ଖଳ]



(ଚିତ୍ର ନଂ 1·3) [ଧାଡ଼ିରେ ସଜ୍ଜିତ ଅଣୁଚୁମ୍ବକ]

ଦିଗରେ ଓ ଦକ୍ଷିଣ ମେରୁଗୁଡ଼ିକ ରେଖାର ଅପର ଦିଗରେ ମୁହଁ କରି ରହନ୍ତି । ତେଣୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ତାହାର ଅଣୁଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକର ରୈଖିକ

ପୁନଃସଜ୍ଜା ମାନ ଏବଂ ଏହି ପୁନଃସଜ୍ଜାରେ ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକର ଉତ୍ତରମେରୁ ଏକାଭିମୁଖୀ ଓ ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ବିପରୀତ ମୁଖୀ ହୁଅନ୍ତି । ଏହାଫଳରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଏକପ୍ରାନ୍ତରେ ଉତ୍ତରମେରୁର ଓ ଅପରପ୍ରାନ୍ତରେ ଦକ୍ଷିଣମେରୁର ଆଧିକ୍ୟ ବା ପ୍ରାଚୁର୍ଯ୍ୟ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଏହି ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ସମସ୍ତ ଅଞ୍ଚଳରେ ଉତ୍ତର ଓ ଦକ୍ଷିଣ-ମେରୁ ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରଶମିତ (Neutralise) କରିଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ଚୁମ୍ବକିତ ପଦାର୍ଥର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଦୁଇଟି ବିପରୀତ ମେରୁ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଓ ମଧ୍ୟଭାଗରେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏନାହିଁ । ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ସମୟରେ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଚୁମ୍ବକର ମେରୁ ଯେତେବେଳେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଖୁବ୍ ନିକଟକୁ ନିଆଯାଏ ସେତେବେଳେ ସର୍ବାଧିକ ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକ ଉପରୋକ୍ତ ଭାବରେ ଧାଡ଼ିରେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇ ରହନ୍ତି ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି ସମୟରେ ପଦାର୍ଥଟି ଚୁମ୍ବକୀୟଭାବେ ପରିତୃପ୍ତ (Saturated) ବୋଲି କୁହାଯାଏ । ଏହାପରେ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ (Magnetising force) ବୃଦ୍ଧିକଲେ ମଧ୍ୟ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ସମସ୍ତ ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକ ଧାଡ଼ିରେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇ ରହିଯାଇ ଥିବାରୁ ତାହାର ମେରୁପ୍ରାବଲ୍ୟ ଆଉ ଅଧିକ ବୃଦ୍ଧି ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏନାହିଁ ।

ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଚୁମ୍ବକର ମେରୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅପସାରିତ ହେଲେ ଅର୍ଥାତ୍ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ ଶୂନ୍ୟ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକ ପୂର୍ଣ୍ଣଭାବରେ ସେମାନଙ୍କର ପୂର୍ବାବସ୍ଥାକୁ ଫେରିଆସି ପାରନ୍ତି ନାହିଁ ଓ ସେହି କାରଣରୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଦଣ୍ଡଟି କିଛି ଅବଶିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ (Residual magnetism) ଧାରଣ କରିରଖେ । ଦଣ୍ଡଟିକୁ ଉତ୍ତପ୍ତ କଲେ ବା ପିଟିଲେ ଏହି ଅବଶିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ନଷ୍ଟ ହୋଇଯାଏ ।

ଇସ୍ପାତ୍ ଅପେକ୍ଷା ନରମ ଲୁହା ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଓ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ମଧ୍ୟ ତାହାର ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ହରାଏ । ଏହାର କାରଣ ସ୍ୱରୂପ କୁହାଯାଇପାରେ ଯେ ଇସ୍ପାତର ବନ୍ଦ ଶୃଙ୍ଖଳରେ ଅଣୁଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକୁ ବାନ୍ଧି ରଖୁଥିବା ବଳ (Binding force) ନରମ ଲୁହା ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ଓ ତେଣୁ ତାହାର ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକୁ ବୁଲାଇ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ରଖିବା ଅର୍ଥାତ୍ ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ କରିବା ଯେପରି କଷ୍ଟକର ଏହା ଥରେ ବୁଲି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ଅବସ୍ଥାନ କଲେ ପୁଣି ବନ୍ଦ ଶୃଙ୍ଖଳ ଅବସ୍ଥାକୁ ଫେରିଆସିବା ଅର୍ଥାତ୍ ବିଚୁମ୍ବକିତ ହେବା ସେହିପରି କଷ୍ଟକର ।

1·7 ଆଣବିକ ତତ୍ତ୍ୱର ସମର୍ଥନକାରୀ ଘଟଣା :

ଉପରୋକ୍ତ ଆଣବିକ ତତ୍ତ୍ୱର ସହାୟତାରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଚୁମ୍ବକ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ମୌଳିକ ବିଷୟଗୁଡ଼ିକ ଯୁକ୍ତିଯୁକ୍ତରୂପେ ବୁଝାଇ ଦିଆଯାଇପାରେ ।

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ :—ପ୍ରେରଣ ଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଓ ତାହାର ନିକଟତମ ପ୍ରାନ୍ତରେ ପ୍ରେରଣକାରୀ ମେରୁର ବିପରୀତମେରୁ ଉପଜାତ ହୁଏ । ଆଣବିକ ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥରେ ଥିବା ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକର ବନ୍ଦ ଶୃଙ୍ଖଳଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରେରଣକାରୀମେରୁ ଦ୍ୱାରା ଭାଙ୍ଗିଯାଏ ଓ ସେମାନେ ନିଜ ନିଜ ସ୍ଥାନରୁ ବିଚ୍ୟୁତ ନ ହୋଇ ଆକର୍ଷଣ ବଳ ଦ୍ୱାରା ଘୂରିଯାନ୍ତି ଓ ସରଳରୈଖିକ ଢଙ୍ଗରେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇ ରହନ୍ତି । ଏହା ଫଳରେ ପଦାର୍ଥର ମଧ୍ୟଭାଗରେ ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକର ମେରୁଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରଶମିତ କରନ୍ତି ଏବଂ ପ୍ରେରଣକାରୀମେରୁର ନିକଟତମ ପ୍ରାନ୍ତରେ ବିପରୀତମେରୁ ଓ ଦୂରତମ ପ୍ରାନ୍ତରେ ସଦୃଶମେରୁ ଉପଜାତ ହୁଏ ।

(ii) **ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇ ମେରୁର ସମାନତା** :—ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ଦ୍ୱାରା ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକ ଧାଡ଼ିରେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇ ରହୁଥିବାରୁ ପଦାର୍ଥର ଉଭୟ ପ୍ରାନ୍ତରେ ସମାନ ସଂଖ୍ୟକ ବିପରୀତମେରୁ ଅବସ୍ଥାନ କରେ ଓ ଚୁମ୍ବକର ମେରୁଦ୍ୱୟର ପ୍ରାବଲ୍ୟ ସମାନ ହୁଏ ।

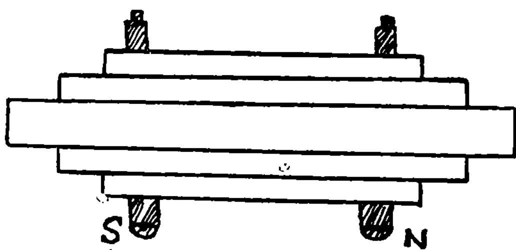
(iii) **ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଂତୃପ୍ତତା** :—ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ ବୃଦ୍ଧି କଲେ ଅଧିକରୁ ଅଧିକ ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକ ସରଳରୈଖିକ ଢଙ୍ଗରେ ରହନ୍ତି ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକନ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳର କୌଣସିମାନ ପାଇଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ସମସ୍ତ ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକ ସରଳରେଖାରେ ରହନ୍ତି ଓ ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକନର ତୀବ୍ରତା ସଂତୃପ୍ତ ହୁଏ । ଏହାପରେ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ ବୃଦ୍ଧି କଲେ ମଧ୍ୟ ଚୁମ୍ବକନର ତୀବ୍ରତା ଆଉ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ନାହିଁ । ତେଣୁ ଆଣବିକ ତତ୍ତ୍ୱଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକନର ସଂତୃପ୍ତତା ବୁଝାଇ ଦିଆଯାଇ-ପାରେ ।

(iv) **ତାପଦ୍ୱାରା ବିଚୁମ୍ବକନ** :—ଚୁମ୍ବକର ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି କଲେ ତାପ ମାତ୍ରାର କୌଣସି ଏକ ମାନରେ ଚୁମ୍ବକ ତାହାର ସମସ୍ତ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ହରାଏ । ଏହି ତାପମାତ୍ରାକୁ ସେହି ପଦାର୍ଥର କ୍ୟୁରି-ତାପାଙ୍କ (Curie point) କହନ୍ତି । ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଚୁମ୍ବକ ମଧ୍ୟରେ ଧାଡ଼ିରେ ସଜ୍ଜିତ ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକର କମ୍ପନ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ଓ କ୍ୟୁରି ତାପାଙ୍କରେ ସେମାନେ ପୁଣି ସେମାନଙ୍କର ବନ୍ଦ-ଶୃଙ୍ଖଳ ଅବସ୍ଥାକୁ ଫେରିଯାନ୍ତି ।

(v) **ଦ୍ରୁତ ଚୁମ୍ବକନ ଓ ବିଚୁମ୍ବକନ ଦ୍ୱାରା ତାପ ଉତ୍ପାଦନ** :—
କୌଣସି ପଦାର୍ଥକୁ ପର୍ଯ୍ୟାୟକ୍ରମେ ଚୁମ୍ବକିତ ଓ ବିଚୁମ୍ବକିତ କଲେ ସେଥିରେ ତାପ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଏହି ଚୁମ୍ବକନ ଓ ବିଚୁମ୍ବକନ ସମୟରେ ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକ ପର୍ଯ୍ୟାୟକ୍ରମେ

ଧାତୁରେ ରହନ୍ତି ଓ ବନ୍ଧ ଶୃଙ୍ଖଳ ଅବସ୍ଥାକୁ ଯାନ୍ତି ଅର୍ଥାତ୍ ସେମାନଙ୍କର ଦ୍ରୁତ କମ୍ପନ ହୁଏ । ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକର ଏହି କମ୍ପନ ଫଳରେ ତାପ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ।

(vi) **ପଟଳିତ ଚୁମ୍ବକ** (Laminated magnet) :—କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ବେଧ (Thickness) ଅଧିକ ହୋଇଥିଲେ ଘର୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ତାହା ସନ୍ତୋଷଜନକ ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକିତ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ କାରଣ ପଦାର୍ଥର ଖୁବ୍ ଭିତରେ ଥିବା ଅଣୁ ଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକ ଘର୍ଷଣ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୁଅନ୍ତି ନାହିଁ । ତେଣୁ ପଦାର୍ଥର ସରୁ



(ଚିତ୍ର 1.4) [ପଟଳିତ ଚୁମ୍ବକ]

ସରୁ ଦଣ୍ଡକୁ ପୃଥକଭାବରେ ଚୁମ୍ବକିତ କରି ସେମାନଙ୍କୁ ଗୋଟିକ ଉପରେ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାପନ କରି **ପଟଳିତ ଚୁମ୍ବକ** (ଚିତ୍ର ନଂ 1·4) ତିଆରି କରାଯାଏ ।

1·8 ଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ଆଧୁନିକ ପାରମାଣବିକ ତତ୍ତ୍ୱ (The modern atomic theory of magnetism) :

ଉପରୋକ୍ତ ଆଣବିକ ତତ୍ତ୍ୱ ଚୁମ୍ବକ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ବହୁ ମୌଳିକ ବିଷୟ ସୁସ୍ପଷ୍ଟରୂପେ ବୁଝାଇ ଦେଇ ପାରୁଥିଲେ ମଧ୍ୟ ଏହାର ପରିସର ଖୁବ୍ ସୀମିତ କାରଣ ଏହା ଚୁମ୍ବକ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଷୟରେ କୌଣସି ଆଲୋକପାତ କରେ ନାହିଁ—

(i) ପଦାର୍ଥର ଅଣୁ ଗୁଡ଼ିକ କିପରି ଏକ ମୌଳିକ ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ ହୁଅନ୍ତି ବା ସେମାନେ କେଉଁଠାରୁ ସେମାନଙ୍କର ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଲାଭ କରନ୍ତି ।

(ii) କେଉଁ କାରଣରୁ ଲୌହ, କୋବାଲ୍ଟ, ନିକେଲ ପ୍ରଭୃତି କେବଳ କେତେକ ପଦାର୍ଥ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ ହୁଅନ୍ତି ଅଥଚ କାଚ, କାଠ, ତମ୍ବା ଇତ୍ୟାଦି ପଦାର୍ଥ ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ ହୁଅନ୍ତି ନାହିଁ ।

(iii) ଏଣ୍ଟିମନି, ବିସମଥ୍ ପ୍ରଭୃତି ପଦାର୍ଥ ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱାରା ଆକର୍ଷିତ ନ ହୋଇ ବିକର୍ଷିତ ହୁଅନ୍ତି ।

ଆଧୁନିକ ପାରମାଣବିକ ତତ୍ତ୍ୱ ଅଣୁରେ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ଉତ୍ପତ୍ତି ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଆଲୋକ-ପାତ କରିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ସମସ୍ତ ବିଷୟ ସନ୍ତୋଷଜନକ ଭାବରେ ବୁଝାଇ ଦିଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ଉପଜାତ ହୁଏ । ଅଣୁରେ ଥିବା ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଅଣୁର ଚୁମ୍ବକତ୍ୱର କାରଣ ଅଟେ । ବୈଜ୍ଞାନିକ ଏମ୍ପିୟର୍ 1820 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ପ୍ରଥମେ ତାଙ୍କର ଚୁମ୍ବକତ୍ୱର "ବୃତ୍ତାକାର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ" ତତ୍ତ୍ୱ **(Circular current theory of magnetism)** ପରିବେଷଣ କରିଥିଲେ । ଆଧୁନିକ ମତବାଦ ଅନୁଯାୟୀ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରମାଣୁ ଗୋଟିଏ ନିଉକ୍ଲିୟସ ଓ ତାହା ଚତୁ-ପାର୍ଶ୍ୱରେ ବିଭିନ୍ନ କକ୍ଷରେ ଘୂରୁଥିବା କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟସ ପ୍ରୋଟନ ଓ ନିଉଟ୍ରନ୍‌ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ଓ ପରମାଣୁର ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟସରେ ନିହିତ ଥାଏ । ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ନିଉକ୍ଲିୟସ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ୍ ସଂଖ୍ୟା ସହିତ ସମାନ । ଏହି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜିତ କଣିକା । ନିଉକ୍ଲିୟସ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଏହି ଚାର୍ଜିତ କଣିକାର ଘୂର୍ଣ୍ଣନଦ୍ୱାରା ଆବଦ୍ଧ ବୃତ୍ତାକାର ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ହୁଏ । ଏହା ଫଳରେ ଚୁମ୍ବକ କବଚ **(Magnetic shell)** ଉପଜାତ ହୁଏ ଓ ଏଠାରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ପରିପଥର ସମତଳ ସହିତ ଲମ୍ବ ହୁଏ । ଏହାହିଁ ହେଉଛି ପଦାର୍ଥର ଅଣୁଗୁଡ଼ିକର ଚୁମ୍ବକତ୍ୱର କାରଣ । ପରମାଣୁରେ ବିଭିନ୍ନ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ କକ୍ଷର ସମତଳ ପରସ୍ପର ସହିତ ସମାନ୍ତର ବା ଅସମାନ୍ତର ହୋଇପାରେ । କକ୍ଷର ସମତଳ ସମାନ୍ତର ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍‌ର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଦିଗ ବିପରୀତ ହୋଇପାରେ । ତେଣୁ କକ୍ଷରେ ଥିବା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍‌ର ସଂଖ୍ୟା, କକ୍ଷ ସମତଳର ଦିଗ ଓ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍‌ର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଦିଗ ଇତ୍ୟାଦିକୁ ବିଚାରକୁ ନେଲେ ପରମାଣୁରେ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ବା କ୍ଷୀଣ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ରହିପାରେ ବା ଆଦୌ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ରହି ନ ପାରେ । ଉପରୋକ୍ତ କାରଣ ବ୍ୟତୀତ ପରମାଣୁରେ ଥିବା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ତାହାର ନିଜ ଅକ୍ଷ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରିବା ଫଳରେ ମଧ୍ୟ ପରମାଣୁରେ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଉପଜାତ ହୁଏ । ଏହି ପ୍ରକାର ଘୂର୍ଣ୍ଣନକୁ ସ୍ପିନ୍ (Spin) କୁହାଯାଏ । ଲଙ୍ଗେଭିନ, ୱେସ୍ ପ୍ରଭୃତି ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ପରମାଣୁର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନୀୟ ଗଠନ ଓ ଏହି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍‌ର ଘୂର୍ଣ୍ଣନକୁ ଭିତ୍ତିକରି ବିଭିନ୍ନ ପଦାର୍ଥର ଚୁମ୍ବକ ଧର୍ମ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ବିଶଦ ଆଲୋଚନା କରିଛନ୍ତି । ଏହାର ବିବରଣୀ ପରେ ଦିଆଯିବ ।

1.9 ଦୁଇ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ-କୁଲମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ :

ଦୁଇଟି ସଦୃଶ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ପରସ୍ପରକୁ ବିକର୍ଷଣ ଓ ଅସଦୃଶ ମେରୁ ପରସ୍ପରକୁ ଆକର୍ଷଣ କରନ୍ତି । ବୈଜ୍ଞାନିକ କୁଲମ୍ବଙ୍କ ଅନୁଯାୟୀ ଦୁଇ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଆକର୍ଷଣ ବା ବିକର୍ଷଣ ବଳର ପରିମାଣ ସେହି ମେରୁଦ୍ୱୟର ପ୍ରାବଲ୍ୟର ଗୁଣଫଳ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ଏବଂ ମେରୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱର ବର୍ଗ ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ । କୁଲମ୍ବଙ୍କ ନାମାନୁସାରେ ଏହି ନିୟମକୁ **'କୁଲମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ'** କୁହାଯାଏ ।

ମନେକର, m_1 = ଗୋଟିଏ ମେରୁର ପ୍ରାବଲ୍ୟ
m_2 = ଅନ୍ୟ ମେରୁର ପ୍ରାବଲ୍ୟ
d = ମେରୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ
F = ମେରୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବଳର ପରିମାଣ

କୁଲମ୍ବଙ୍କ ନିୟମାନୁଯାୟୀ

$$F \propto m_1 \times m_2$$
$$\propto \frac{1}{d^2}$$

$$\therefore F \propto \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

କିମ୍ବା $F = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{m_1 m_2}{d^2}$ ଡାଇନ୍ ... ... (1.1)

ଏଠାରେ μ ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଓ ଏହାର ମୂଲ୍ୟ ଦୁଇ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମାଧ୍ୟମର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହାକୁ ମାଧ୍ୟମର **ଚୁମ୍ବକୀୟ ସୁଭେଦ୍ୟତା** (Magnetic permeability) କୁହାଯାଏ ।

ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ବଳର ପରିମାଣ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱର ବର୍ଗ ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ହେଉଥିବାରୁ କୁଲମ୍ବଙ୍କ ନିୟମର ଦ୍ୱିତୀୟାର୍ଦ୍ଧକୁ **'ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମ'** (Inverse Square Law) କୁହାଯାଏ ।

ଏକକ ମେରୁ ପ୍ରାବଲ୍ୟ (Unit pole)—ମେଟ୍ରିକ ପଦ୍ଧତିରେ ବଳ Fର ଏକକ 1 ଡାଇନ, ଦୂରତ୍ୱର ଏକକ 1 ସେ. ମି. ଏବଂ ଶୂନ୍ୟ ବା ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମପାଇଁ $\mu=1$ । ଯଦି ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମରେ ସମପ୍ରାବଲ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ମେରୁ ପରସ୍ପରଠାରୁ 1 ସେ ମି. ଦୂରରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବଳର ପରିମାଣ 1 ଡାଇନ୍ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ସମୀକରଣ (1·1) ଅନୁଯାୟୀ

$$1=\frac{m^2}{1}\ ,\ (\because m_1=m_2=m)\ \text{ମନେକର}$$

କିମ୍ବା $m^2=1,$ କିମ୍ବା $m=\pm 1$

ଅତଏବ ଯଦି କୌଣସି ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ଶୂନ୍ୟ ବା ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମରେ ନିଜଠାରୁ 1 ସେ. ମି. ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ସଦୃଶ ଓ ସମପ୍ରାବଲ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ମେରୁକୁ 1 ଡାଇନ୍ ବଳଦ୍ୱାରା ବିକର୍ଷଣ କରେ ତାହାହେଲେ ସେହି ମେରୁର ପ୍ରାବଲ୍ୟକୁ (ସେ.ଗ୍ରା ସେ ପଦ୍ଧତିରେ) **'ଏକକ ମେରୁ ପ୍ରାବଲ୍ୟ'** କୁହାଯାଏ ।

ସାଧାରଣତଃ ସମଧର୍ମୀ ମାଧ୍ୟମରେ (Homogeneous isotropic medium) ଦୁଇ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ବଳ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଭାବରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ—

$$F=\frac{m_1 m_2}{\mu_0 \mu r d^2} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (1.1a)$$

ଏଠାରେ μ_0 = ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମର ସୁଭେଦ୍ୟତା

μr = ମେରୁ ଯେଉଁ ମାଧ୍ୟମରେ ଥାଏ ତାହାର ଆପେକ୍ଷିକ ସୁଭେଦ୍ୟତା

ଏବଂ $\mu_0 \mu r=\mu a$ = ମେରୁକୁ ବେଷ୍ଟନ କରୁଥିବା ମାଧ୍ୟମର ପରମ ସୁଭେଦ୍ୟତା (Absolute permeability)

ସେ· ଗ୍ରା. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ $\mu_0=1,\ \therefore\ \mu r=\mu a=\mu$ (ମନେକର)

$$\therefore\ F=\frac{1}{\mu}\times\frac{m_1 m_2}{d^2}\ \text{ଡାଇନ୍}$$

ଏଠାରେ ମେରୁ ପ୍ରାବଲ୍ୟର ଏକକ **'ଏକକ ମେରୁ'** (Unit pole) ଅଟେ ।

ମି. କି. ସେ. (M. K. S.) ପଦ୍ଧତିରେ

$$F = \frac{1}{4\pi\mu_0} \times \frac{1}{\mu_r} \times \frac{m_1 m_2}{d^2}$$ ନିଉଟନ୍ ··· ··· (·2)

ଏଠାରେ ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମର ସୁଭେଦ୍ୟତା $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ ହେନେରୀ/ମିଟର୍
ମି. କି. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ ମେରୁପ୍ରାବଲ୍ୟର ଏକକ = 1 ଓ୍ୱେବେର (Weber)

$$1 \text{ ଓ୍ୱେବେର} = \frac{10^8}{4\pi}$$ ସେ. ଗ୍ରା. ସେ. "ଏକକ ମେରୁ"

କୁଲମ୍ ନିଜେ ଟର୍ସନ ତରାଜୁ ସାହାଯ୍ୟରେ ପରୀକ୍ଷା ଚଳାଇ ତାଙ୍କ ନିୟମର ସତ୍ୟାପନ କରିଥିଲେ । ପରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ହିବର୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତରାଜୁ ସାହାଯ୍ୟରେ କୁଲମଙ୍କ ନିୟମର ସତ୍ୟାପନ କରିଥିଲେ ।

1·10 ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ଓ ତାହାର ତୀବ୍ରତା :

ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ଯେଉଁ ଅଞ୍ଚଳରେ ତାହାର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରଭାବ ଅନୁଭୂତ ହୁଏ ତାହାକୁ ଉକ୍ତ ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର କୁହାଯାଏ । ଗାଣିତିକ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଅସୀମ ଦୂରତ୍ୱ (Infinity) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିସ୍ତୃତ କିନ୍ତୁ ବାସ୍ତବ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହାର ପ୍ରଭାବ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୂରତ୍ୱ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ହୋଇପାରେ ; ଏଥିରୁ ଅଧିକ ଦୂରରେ ଚୁମ୍ବକର କୌଣସି ପ୍ରଭାବ ପରିଦୃଷ୍ଟ ହୁଏ ନାହିଁ ।

ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରସ୍ଥ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଉତ୍ତର ମେରୁ (Unit north pole) ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳର ପରିମାଣକୁ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ସେହି ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା କହନ୍ତି । ଏହାକୁ ସାଧାରଣତଃ ଅକ୍ଷର H ବା F ଦ୍ୱାରା ସୂଚାଇ ଦିଆଯାଏ ।

ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରସ୍ଥ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକକ ଉତ୍ତର ମେରୁ ଉପରେ ଏକକ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କଲେ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଏକକ ହୁଏ । ସେ. ଗ୍ରା. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତାର ଏକକ **ଏକ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍** ଅଟେ ଅର୍ଥାତ୍ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଏକକ ଉତ୍ତରମେରୁ ଉପରେ ଏକ ଡାଇନ୍ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କଲେ ସେ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଏକ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍ ।

ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଏକକ ମେରୁ ଉପରେ H ଡାଇନ୍ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କଲେ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା H ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍ । ଯେଉଁ

ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା H ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍ ସେଠାରେ m ପ୍ରାବଲ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ମେରୁ ସ୍ଥାପିତ ହେଲେ ସେହି ମେରୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳର ପରିମାଣ—

$$F = mH \text{ ଡାଇନ୍} \quad \cdots \quad .... \quad (1{\cdot}3)$$

m ମେରୁ ପ୍ରାବଲ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ (ବି. ଚୁ. ଏ.) ଗୋଟିଏ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ମେରୁଠାରୁ କୌଣସି ମାଧ୍ୟମରେ (ଚୁମ୍ବକଭେଦ୍ୟତା $=\mu$) d ସେ. ମି. ଦୂରତ୍ୱରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$H = \frac{m \times 1}{\mu d^2} \text{ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍}$$

(ରେସ୍‌ନେଲାଇଜଡ୍) ମି. କି. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ

$$H = \frac{m \times 1}{4\pi \mu_0 \mu_r d^2} \text{ ନିଉଟନ/ଓ୍ୱେବର}$$

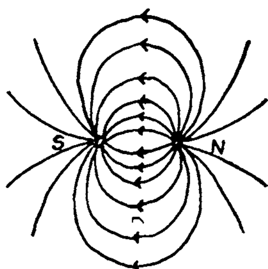
ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ଓ ପରିମାଣ ଅଛି ଓ ତେଣୁ ଏହା ଏକ ଭେକ୍ଟର ରାଶି ।

1·11 ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳରେଖା ଓ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛ (Magnetic lines of force and tubes of force) :

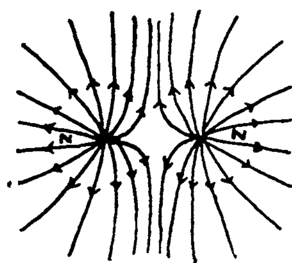
ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳରେଖା—କୌଣସି ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ଗୋଟିଏ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଉତ୍ତରମେରୁ ସ୍ଥାପନ କଲେ ତାହା ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁ ଓ ଦକ୍ଷିଣ ମେରୁଦ୍ୱାରା ଯଥାକ୍ରମେ ବିକର୍ଷିତ ଓ ଆକର୍ଷିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଭୂଚୁମ୍ବକର ବଳ ମଧ୍ୟ ଏହା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ମେରୁଟି ଯଦି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ତାହା ଏହି ତିନିଗୋଟି ବଳର ପରିଣାମୀ ଦିଗରେ ଗତି କରିବ । କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଏହି ପରିଣାମୀ ବଳର ଦିଗ ଚୁମ୍ବକଠାରୁ ସେହି ବିନ୍ଦୁର ଆପେକ୍ଷିକ ଦୂରତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ଓ ଏହି ଦିଗ ବିନ୍ଦୁକୁ ବିନ୍ଦୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ମୁକ୍ତ ମେରୁଟି ଏକ ବକ୍ର ପଥରେ ଗତି କରିବ । ଏହି ବକ୍ର ପଥ ବା ରେଖାକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ **ବଳରେଖା** (Lines of force) କହନ୍ତି । ଏହି ବକ୍ରରେଖାର ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ସ୍ପର୍ଶକ ଅଙ୍କନ କଲେ ତାହା ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ପରିଣାମୀ ବଳର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ । ତେଣୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳରେଖା ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ଅଙ୍କିତ ହୋଇଥିବା ଏପରି **ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ବକ୍ରରେଖା ଯାହା ଉପରେ ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଅଙ୍କିତ ସ୍ପର୍ଶକ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ପରିଣାମୀ ବଳର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ**

କରେ । କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଏହିପରି ଅସଂଖ୍ୟ ବଳରେଖାଦ୍ୱାରା ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥିବାର କଳ୍ପନା କରାଯାଏ ।

ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁରୁ ଆରମ୍ଭ ହୋଇ ଦକ୍ଷିଣ ମେରୁରେ ଶେଷ ହୁଅନ୍ତି ଓ ଚୁମ୍ବକର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଭାଗରେ ସେମାନେ ଦକ୍ଷିଣ ମେରୁରୁ ଉତ୍ତରମେରୁକୁ ଯାଉଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ଏହି ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ବନ୍ଦ ଓ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ବଳରେଖା । ସେମାନେ କଦାଚ ପରସ୍ପରକୁ ଛେଦ କରନ୍ତି ନାହିଁ । ଏହି ରେଖାଗୁଡ଼ିକର ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ



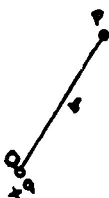
(ଚିତ୍ର ନଂ 1.5)



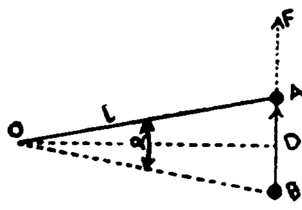
(ଚିତ୍ର ନଂ 1.6)

ଭାବରେ (Longitudinally) ସଙ୍କୁଚିତ ହେବାର ଓ ପାର୍ଶ୍ୱୀୟ ଭାବରେ (Laterally) ପ୍ରସାରିତ ହେବାର ପ୍ରବୃତ୍ତି ଥାଏ । ରେଖାଗୁଡ଼ିକର ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ଟାନ (tension) ଅସଦୃଶ ମେରୁକୁ ପରସ୍ପର ନିକଟକୁ ଟାଣି ଆଣିବା ପାଇଁ (ଚିତ୍ର ନଂ 1.5) ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ପାର୍ଶ୍ୱୀୟ ବିକର୍ଷଣ ସଦୃଶମେରୁକୁ ପରସ୍ପରଠାରୁ (ଚିତ୍ର ନଂ 1.6) ଦୂରକୁ ନେଇଯିବା ପାଇଁ ଚେଷ୍ଟା କରେ ।

କୌଣସି ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳରେଖା ଗୋଟିଏ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ସାହାଯ୍ୟରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.7a)



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.7b)

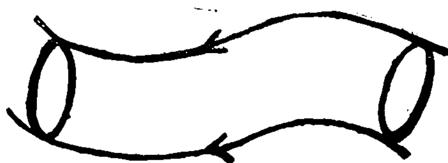
ଅଙ୍କନ କରାଯାଇପାରେ । ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉତ୍ତର ଦିଗକୁ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପୂର୍ବଦିଗକୁ ରହିଥିବାବେଳେ ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳରେ ଅଙ୍କିତ ତାହାର

ବଳରେଖା ଯଥାକ୍ରମେ ଚିତ୍ର ନଂ 1.7 (a) ଓ ଚିତ୍ର ନଂ 1.7 (b) ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଅଙ୍କିତ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ A ଓ B ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଯେଉଁଠାରେ କି ଗୋଟିଏ ଏକକ ଉତ୍ତରମେରୁ ସ୍ଥାପିତ ହେଲେ ତାହା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତର ଓ ଦକ୍ଷିଣ ମେରୁର ପରିଣାମୀ ବଳ, ଭୂଚୁମ୍ବକର ବଳ ସହିତ ସମାନ ଓ ବିପରୀତମୁଖୀ ହେବେ ଓ ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରଶମିତ କରିବେ । ଏହି ବିନ୍ଦୁକୁ **କ୍ଲୀବ ବିନ୍ଦୁ** (Neutral point) କୁହାଯାଏ ।

କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ସର୍ବତ୍ର ସମାନ ହେଲେ ତାହାକୁ **ସୁଷମ** ବା **ସମ** (Uniform) ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର କୁହାଯାଏ । ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ସହିତ ସମାନ୍ତର ଓ ସମାନ ଘନତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ (ଏକକ ସମତଳ ମଧ୍ୟଦେଇ ତାହା ସହିତ ଲମ୍ବଦିଗରେ ସମାନ ସଂଖ୍ୟକ ବଳରେଖା ଅତିକ୍ରମ କଲେ ବଳରେଖାର ଘନତ୍ୱ ସମାନ ହୁଏ) ହୋଇଥାନ୍ତି । ବିଜ୍ଞାନାଗାରରେ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ସଂଯୋଜକର ବଳରେଖା ଅଙ୍କନ କଲେ ସେଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ସମାନ୍ତର ହୋଇଥାନ୍ତି । ସେହି କାରଣରୁ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରକୁ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ବୋଲି ଧରାଯାଏ ।

ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛ (Tubes of force)—ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳରେଖା ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସମ୍ବନ୍ଧରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଧାରଣା କରାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ମେରୁରୁ ନିର୍ଗମ ହେଉଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳରେଖାର ସଂଖ୍ୟା ଅସଂଖ୍ୟ ହୋଇଥିବାରୁ ଗାଣିତିକ ଦୃଷ୍ଟିରୁ କେତେକ ଅସୁବିଧାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହେବାକୁ ହୁଏ । ସେଥିପାଇଁ ଗାଣିତିକ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ବର୍ଣ୍ଣନା ଅପେକ୍ଷାକୃତ ସହଜ କରିବା ପାଇଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ସାଧାରଣତଃ ଗୁଚ୍ଛ ଆକାରରେ ବିନ୍ୟସ୍ତ ହୋଇଥିବାର ପରିକଳ୍ପନା କରାଯାଏ । ଏହି ପରିକଳ୍ପନା ଅନୁଯାୟୀ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗୁଚ୍ଛ ଗୋଟିଏ ଗୋଟିଏ ନଳୀ ସଦୃଶ ଓ ଏହି ନଳୀର ପୃଷ୍ଠଭାଗରେ ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ରହିଥାଏ । ଏହି ଗୁଚ୍ଛକୁ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛ (Tubes of force) (ଚିତ୍ର ନଂ 1.8) କୁହାଯାଏ । ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ସେମାନଙ୍କର ପାର୍ଶ୍ୱଭାଗରେ ସ୍ପର୍ଶ କରନ୍ତି ଓ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ସମସ୍ତ ଅଞ୍ଚଳକୁ ପରିବ୍ୟାପ୍ତ ହୁଅନ୍ତି । କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଏହି ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛର ଦିଗ, ସେହି ସ୍ଥାନରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ଦର୍ଶାଇ ଦିଏ ।

ଗୋଟିଏ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛର କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଯଦି ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଓ ଗୁଚ୍ଛର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦର ଗୁଣଫଳ ଏକକ ହୁଏ, ତାହା ହେଲେ ସେହି ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛକୁ **'ଏକକ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛ'** କୁହାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.8)

ଯଦି ଏକକ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛର କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $=H$ ଓରଷ୍ଟେଡ୍ ହୁଏ ଓ ନଳର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ $=$ ୯ ବର୍ଗ ସେ. ମି. ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ସଂଜ୍ଞା ଅନୁଯାୟୀ,

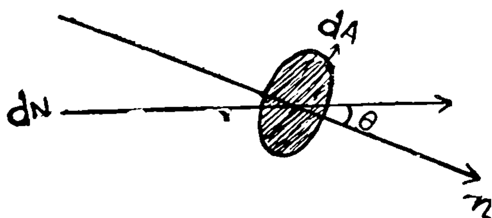
$$H\text{୯}=1$$

$$\text{କିମ୍ବା } H=\frac{1}{\text{୯}} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (1.4)$$

ଏଠାରେ $\frac{1}{\text{୯}}=$ ଏକ ବର୍ଗ ସେ. ମି. କୁ ଲମ୍ବଭାବରେ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ଏକକ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟା ।

ଉପରୋକ୍ତ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛର ପରିକଳ୍ପନା ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତାର ଏକ ବିକଳ୍ପ ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରାଯାଇପାରେ । ସମୀକରଣ (1.4)ରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଏକକ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ଓ ଏକ ବର୍ଗ ସେ. ମି. ସମତଳ କ୍ଷେତ୍ରକୁ ଲମ୍ବଭାବରେ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ଏକକ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟା ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।

ତେଣୁ ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ବର୍ଗ ସେ. ମି. ମଧ୍ୟଦେଇ ଗୋଟିଏ ଏକକ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛ ଗତିକରେ ତାହାକୁ ଏକକ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର କୁହାଯାଏ ଏବଂ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ସେହି ବିନ୍ଦୁକୁ ବେଷ୍ଟନ କରୁଥିବା ଏକ ବର୍ଗ ସେ. ମି. ସମତଳକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ତାହାର ଲମ୍ବଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିବା ଏକକ ବଳରେଖା ଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟାଦ୍ୱାରା ମାପ କରାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.9)

ମନେକର dA ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର କ୍ଷେତ୍ର (ଚିତ୍ର ନଂ 1.9) ଏବଂ ଏହାର ପୃଷ୍ଠତଳର ଲମ୍ବ ସହିତ θ କୋଣ ଦିଗରେ dN ସଂଖ୍ୟକ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛ ଅତିକ୍ରମ କରୁଛି । dN ସହିତ ଲମ୍ବଦିଗରେ କ୍ଷେତ୍ର

dAର ସମ୍ପୋଜକ $dA \cos \theta$ । ସୁତରାଂ ସଂଜ୍ଞା ଅନୁଯାୟୀ ଏଠାରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା—

$$H = \frac{dN}{dA \cos \theta} \quad \cdots \quad \cdots \quad (1.5)$$

ମନେକର μ ସୁଭେଦ୍ୟତା ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ମାଧ୍ୟମରେ m ମେରୁପ୍ରାବଲ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଉତ୍ତରମେରୁ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଛି ଓ ଏହି ମେରୁରୁ N ସଂଖ୍ୟକ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛ ନିର୍ଗମ ହେଉଛି । ବର୍ତ୍ତମାନ ଏହି ମେରୁର ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଗୋଲକର (Sphere) ପ୍ରତି ବର୍ଗ ସେ. ମି. କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟା ସେଠାରେ ବିଦ୍ୟମାନ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ସହିତ ସମାନ (ସାଂଖ୍ୟିକ) ହେବ ।

$$\therefore \quad H = \frac{N}{4\pi r^2} \quad \cdots \quad \cdots \quad (1.6)$$

ପୁନଶ୍ଚ m ଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$H = \frac{m \times 1}{\mu r^2}$$

$$\therefore \quad \frac{N}{4\pi r^2} = \frac{m}{\mu r^2}$$

$$\text{ସୁତରାଂ, } N = \frac{4\pi m}{\mu} \quad \cdots \quad \cdots \quad (1.7)$$

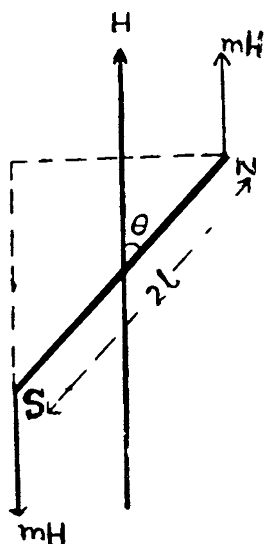
ଅତଏବ ଏକକ ମେରୁରୁ ନିର୍ଗମ ହେଉଥିବା ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟା $= 4\pi/\mu$ । ଏହିପରି ରେଖାଗୁଚ୍ଛକୁ **'ମାକ୍ସୁଏଲ'** (Maxwellian) ରେଖାଗୁଚ୍ଛ କୁହାଯାଏ । ବାୟୁ ବା ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମରେ ($\mu = 1$) m – ମେରୁରୁ ନିର୍ଗମ ହେଉଥିବା ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟା $4\pi m$ ଏବଂ ଏକକ ମେରୁରୁ ନିର୍ଗମ ହେଉଥିବା ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟା 4π ଅଟେ । ଏହି ରେଖାଗୁଚ୍ଛକୁ **ପ୍ରେରଣ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ** (Tubes of induction) କୁହାଯାଏ ।

'ମାକ୍ସୁଏଲ' ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛର ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ (Longitudinally) ଭାବରେ ସଙ୍କୁଚିତ ହେବାର ଓ ପାର୍ଶ୍ୱୀୟ ଭାବରେ ପ୍ରସାରିତ ହେବାର ପ୍ରବୃତ୍ତି ଥାଏ । ଚୁମ୍ବକ

କ୍ଷେତ୍ରରେ ଯେଉଁ ଅଞ୍ଚଳରେ ତୀବ୍ରତା ଅଧିକ ସେହି ଅଞ୍ଚଳରେ ଏହି ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛଗୁଡ଼ିକ ସଂକୀର୍ଣ୍ଣ ଓ ଯେଉଁ ଅଞ୍ଚଳରେ ତୀବ୍ରତା କମ୍ ସେ ଅଞ୍ଚଳରେ ଏହି ଗୁଚ୍ଛଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରଶସ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଚୁମ୍ବକର ମେରୁ ନିକଟରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଅଧିକ ଓ ମେରୁଠାରୁ ଦୂରତ୍ୱ ବଢ଼ିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ତୀବ୍ରତା ହ୍ରାସପାଏ । ତେଣୁ ଏହି ବଳରେଖା ଗୁଚ୍ଛଗୁଡ଼ିକ ମେରୁ ନିକଟରେ ଅତଶସ୍ତ ସଂକୀର୍ଣ୍ଣ ଓ ଦୂରତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ସେମାନେ କ୍ରମେ ପ୍ରଶସ୍ତ ହୋଇଯାନ୍ତି । ତେଣୁ ମେରୁ ନିକଟରୁ ନିର୍ଗମ ହେଉଥିବା ସୀମିତ ସଂଖ୍ୟକ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ସମସ୍ତ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ଅଞ୍ଚଳକୁ ପରିବ୍ୟାପ୍ତ ହୋଇ ତାହାକୁ ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ କରିଦିଏ ।

1 12 ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅବସ୍ଥିତ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ :

H ତୀବ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ସୁଷମ (ଚିତ୍ର ନଂ 1.10) ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତାହାର ଦିଗ ସହିତ θ କୋଣରେ NS ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ଅବସ୍ଥିତ । ମନେକର ଏହି ଚୁମ୍ବକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ $=2l$, ପ୍ରତ୍ୟେକ ମେରୁର ପ୍ରାବଲ୍ୟ $=m$, ଏବଂ ଚୁମ୍ବକର ମଧ୍ୟ ବିନ୍ଦୁ O । ଏଠାରେ ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତର-ମେରୁ ଉପରେ ଓ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର H ସହିତ ସମାନ୍ତର ଦିଗରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ $=mH$ ଏବଂ ଦକ୍ଷିଣ-ମେରୁ ଉପରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ $=mH$ ଏହି ବଳଦ୍ୱୟ ସମାନ ଓ ବିପରୀତ ମୁଖୀ ଓ ତେଣୁ ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ ଗୋଟିଏ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଯୁଗଳ (Mechanical Couple) କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.10)

ଏହି ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ

$$C=2l \sin\theta \times mH$$
$$=2ml\, H \sin\theta$$
$$=MH \sin\theta \quad \cdots \quad (1.8)$$

ଏଠାରେ $2ml\ (=M)$ ରାଶିଟିକୁ **ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ** (Magnetic moment) କୁହାଯାଏ । ଚୁମ୍ବକଟି ଯଦି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ଏହି ଯୁଗଳର କ୍ରିୟା ଫଳରେ ତାହା ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ Oରେ ଘୂରି ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଦିଗରେ $(\theta=0)$ ସ୍ଥିର ହୋଇ ରହିବ ।

ସମୀକରଣ (1.8)ରେ ଯଦି $H=1$ ଓ $\theta=90^\circ$ ହୁଏ,
ତାହାହେଲେ, $C=M$ ହେବ ।

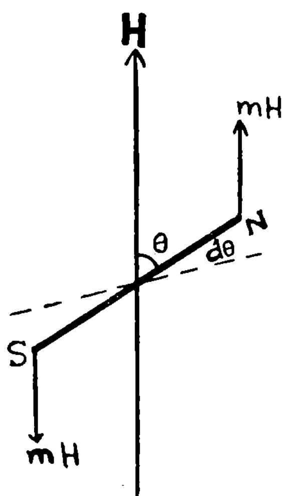
ସୁତରାଂ ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକକୁ ଏକକ ତୀବ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକ-କ୍ଷେତ୍ରରେ ତାହାର ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଝୁଲାଇ ରଖିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସେହି ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଅଟେ ।

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ଏକକ $=1$ ସେ: ମି: ଡ଼ାଇନ୍ /ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍ । କିନ୍ତୁ ସାଧାରଣତଃ ଏହାକୁ ସେ. ଗ୍ରା. ସେ. ଏକକରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ମି. କି. ସେ. (Rationalised) ପଦ୍ଧତିରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣକୁ ୱେବେର/ମିଟର ଏକକରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ଏକ ମି.କି.ସେ. ଏକକ $=\frac{1}{4\pi}\times10^{12}$ ସେ ଗ୍ରା ସେ ଏକକ

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଗୋଟିଏ ଭେକ୍ଟର ରାଶି ଅଟେ ।

1.13 ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକକୁ ଘୁରାଇବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ (Work done in rotating a magnet) :



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.11)

ମନେକର H ତୀବ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକ-କ୍ଷେତ୍ରରେ ତାହାର ଦିଗ ସହିତ θକୋଣରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 1.11) NS ଚୁମ୍ବକ ମୁକ୍ତଭାବରେ ଝୁଲୁଅଛି । ଏଠାରେ ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $=MH\sin\theta$ ଚୁମ୍ବକଟି ଯଦି θ ବଢ଼ିବା ଦିଗରେ $d\theta$ ଘୁରେ ତାହାହେଲେ ସେଥିପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ dW

$$=MH\sin\theta\, d\theta \text{ ।}$$

ସୁତରାଂ ଚୁମ୍ବକଟି ତାହାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଅବସ୍ଥା $(\theta=0)$ରୁ θ କୋଣ ଘୂରିବା ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ—

$$W=MH\int_0^\theta \sin\theta\, d\theta$$

$$=MH(1-\cos\theta) \quad \cdots \quad \cdots (19)$$

ଏହି ଶକ୍ତି, ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିରେ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି (Potential energy) ଭାବରେ ସଞ୍ଚିତ ହୋଇରହେ ।

ଉଦାହରଣ (1) :—ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ 1000 ସେ.ଗ୍ରା.ସେ. ଏକକ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଦିଗରେ ଝୁଲୁଅଛି । ଚୁମ୍ବକଟିକୁ 60° ଘୂରାଇବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ଓ ବିକ୍ଷେପ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (H=·36)

$$\text{କାର୍ଯ୍ୟ } W=\int_0^{60^\circ} MH\sin\theta\, d\theta = MH[-\cos\theta]_0^{60^\circ}$$

$$=MH(1-\cos 60^\circ)=1000\times 0{\cdot}36\left(1-\frac{1}{2}\right)$$

$=180$ ଅର୍ଗ

$$\text{ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ}=MH\sin\theta$$

$$=1000\times{\cdot}36\times\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$=180\sqrt{3}$ ଡାଇନ୍ ସେ: ମି: ।

(2) 0·4 ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍ ତୀବ୍ରତାବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଝୁଲୁଥିବା ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକକୁ ($M=500$ ସେ: ଗ୍ରା: ସେ: ଏକକ) 60° ବିକ୍ଷେପ କରାଇ ଛାଡ଼ିଦିଆଯାଏ । ଦୋଳିତ ଚୁମ୍ବକଟି ଯେତେବେଳେ ତାହାର ସନ୍ତୁଳନ ଅବସ୍ଥାନ (Equilibrium position) ଅତିକ୍ରମ କରେ ସେତେବେଳେ ତାହାର କୋଣୀୟ ପରିବେଗ (Angular velocity) 0·5 ରେଡ଼ିଆନ୍ /ସେକେଣ୍ଡ ; ଚୁମ୍ବକର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଚୁମ୍ବକଟିକୁ θ° ଘୂରାଇବାପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ $=MH(1-\cos\theta)$ ଓ ଏହା ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିର ସ୍ଥିତିଜଶକ୍ତି । ଚୁମ୍ବକଟି ସନ୍ତୁଳନ ଅବସ୍ଥାନ ଅତିକ୍ରମ କରିବାବେଳେ ତାହାର ସ୍ଥିତିଜଶକ୍ତି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭାବରେ ଗତିଶକ୍ତିକୁ ($K.E.$) ରୂପାନ୍ତରିତ ହୁଏ । ଏଠାରେ ଗତିଶକ୍ତି $=\frac{1}{2}I\omega^2$

($I=$ ଚୁମ୍ବକର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ; $\omega=$ କୋଣୀୟ ପରିବେଗ)

$\therefore \frac{1}{2} I\omega^2 = MH\ (1 - \cos\ \theta)$

କିମ୍ବା $\frac{1}{2} I\ (\cdot 5)^2 = 500 \times 0{\cdot}4\ (1 - \cos 60°)$

$I = 8 \times 500 \times 0{\cdot}4\ \ (1 - \frac{1}{2})$

$= 800$ ଗ୍ରାମ୍ ବର୍ଗ ସେ ମି.

(3) ଭୂଚୁମ୍ବକର ରେଖାରେ ଓ ଚୁମ୍ବକାକ୍ଷ ମଧ୍ୟରେଖା ଦିଗରେ ଝୁଲୁଥିବା ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକକୁ 180° ଘୂରାଇବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ମନେକର, ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= M$
ଓ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $= H$

କାର୍ଯ୍ୟ $\mathbf{W} = \int_0^\pi MH \sin\theta\ d\theta = MH\left[-\cos\theta\right]_0^\pi = 2MH$

(4) ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକ ଏକ ତନ୍ତୁଦ୍ୱାରା ଝୁଲୁଥିବାବେଳେ ଭୂଚୁମ୍ବକର ରେଖାରେ ଚୁମ୍ବକାକ୍ଷ ମଧ୍ୟରେଖା ଦିଗରେ ରହେ । ତନ୍ତୁର ଉପର ପ୍ରାନ୍ତକୁ 90° ଘୁରାଇଲେ ଚୁମ୍ବକଟି 30° ଘୁରେ । ତନ୍ତୁକୁ କେତେ ଡିଗ୍ରୀ ଘୁରାଇଲେ ଚୁମ୍ବକଟି 45° ଘୁରିବ ?

ତନ୍ତୁର ଉପର ପ୍ରାନ୍ତ 90° ଘୁରିଲେ ଚୁମ୍ବକର ବିକ୍ଷେପ 30°
$\therefore$ ମୋଡ଼ନ କୋଣ $= (90° - 30°)$
ମନେକର ଏକକ ମୋଡ଼ ପାଇଁ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= C$

$\therefore\ C\ (90° - 30°) = MH \sin 30°$ ... ... (i)

ଯଦି ଚୁମ୍ବକକୁ 45° ଘୁରାଇବା ପାଇଁ ତନ୍ତୁକୁ $\theta°$ ଘୁରାଇବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

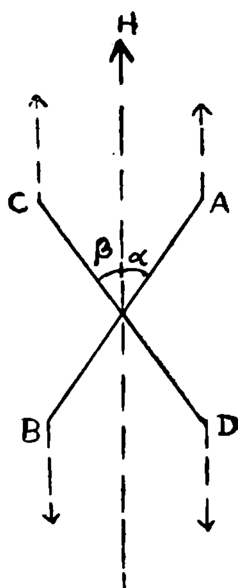
$C\ (\theta° - 45°) = MH \sin 45°$ ... ... (ii)

ସମୀକରଣ (i) ଓ (ii) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\frac{\theta^\circ - 45^\circ}{90^\circ - 30^\circ} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}$$

$\therefore \ \theta^\circ = 60^\circ\sqrt{2} + 45^\circ = 130^\circ$ (ପ୍ରାୟ) ... ... (ଉତ୍ତର)

(5) ସବଂତୋଭାବେ ସମାନ ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକର ଗୋଟିଏ ସମକୋଣୀୟ କ୍ରୁଶ (Cross) ଯଦି ତାହାର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଗୋଟିଏ ଭୂଲମ୍ବ ତନ୍ତୁଦ୍ୱାରା ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଝୁଲେ ତାହାହେଲେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ସହିତ ତାହା କେତେ ଡିଗ୍ରୀ କୋଣରେ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ରହିବ ?



(ଚିତ୍ର ନଂ 1·12)

AB ଓ CD ପରସ୍ପର ସମକୋଣରେ ଅବସ୍ଥିତ ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକ । ମନେକର ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ AB ଓ CD ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା (ଚିତ୍ର ନଂ 1·12) ସହିତ ଯଥାକ୍ରମେ α ଓ β କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରନ୍ତି । ସୁତରାଂ $\alpha + \beta = 90^\circ$

ମନେକର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଚୁମ୍ବକର
ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= M$
ଓ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $= H$
$\therefore$ ଚୁମ୍ବକ AB ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା
ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= MH \sin \alpha$
ସେହିପରି ଚୁମ୍ବକ CD ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା
ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= MH \sin \beta$

ଯୁଗଳ $MH \sin \alpha$ ଓ $MH \sin \beta$ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିକୁ ଯଥାକ୍ରମେ ବାମାବର୍ତ୍ତୀ ଓ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ ଦିଗରେ ଘୁରାଇବାକୁ ପ୍ରବୃତ୍ତ ହୁଅନ୍ତି । ସନ୍ତୁଳନ ଅବସ୍ଥାରେ,

$$MH \sin \alpha = MH \sin \beta$$

$$\therefore \ \sin \alpha = \sin \beta = \sin (90^\circ - \alpha) = \cos \alpha$$

$$\therefore \ \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = 1$$

ବା $\tan \alpha = 1$;

$\therefore \ \alpha = 45^\circ$ ଓ $\beta = 45^\circ$ ।

1.14 ଚୁମ୍ବକନର ତୀବ୍ରତା ବା ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା (Intensity or surface density of magnetisation) :

କୌଣସି ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକନ କ୍ଷୀଣ ବା ପ୍ରବଳ ହୋଇପାରେ । ଚୁମ୍ବକନର ତୀବ୍ରତା, ଚୁମ୍ବକ ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଉଥିବା ବଳରେଖାଗୁଛର ସଂଖ୍ୟା ଉପରେ ଅର୍ଥାତ୍ ଚୁମ୍ବକର ମେରୁପ୍ରାବଲ୍ୟ ଓ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକନର ତୀବ୍ରତା ବା ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା ତାହାର ଏକକ ଆୟତନ ପ୍ରତି ଚୁମ୍ବକାଘୂର୍ଣ୍ଣ ଅଟେ ଓ ଏହାକୁ ଅକ୍ଷର I ଦ୍ୱାରା ସୂଚାଇ ଦିଆଯାଏ ।

$$\therefore\ I=\frac{M}{V}=\frac{2\,ml}{2\,lA}=\frac{m}{A}$$

ଏଠାରେ, V = ଚୁମ୍ବକର ଆୟତନ

A = ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ

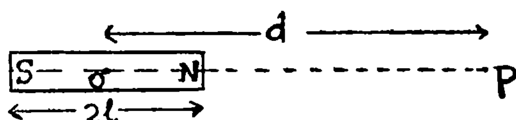
ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକନର ତୀବ୍ରତା ମଧ୍ୟ ତାହାର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପ୍ରତି ମେରୁପ୍ରାବଲ୍ୟ ସହିତ ସମାନ ।

1.15 ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁଁ କୌଣସି ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା (Intensity of magnetic field at a point due to a bar magnet) :

ଆଲୋଚ୍ୟ-1 :—ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନ (End-on-position) :

ଯେଉଁ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହୁଏ ତାହା ଯଦି ଚୁମ୍ବକର ପ୍ରାନ୍ତଭାଗରେ ତାହାର ଅକ୍ଷରେଖା ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ଏହି ଅବସ୍ଥାନକୁ **ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନ** କୁହାଯାଏ ।

SN ଚୁମ୍ବକର (ଚିତ୍ର ନଂ 1.13) ଅକ୍ଷରେଖା ଉପରେ ତାହାର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ O ଠାରୁ d ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.13)

ମନେକର ଚୁମ୍ବକର ପ୍ରତ୍ୟେକ ମେରୁର ପ୍ରାବଲ୍ୟ $= m$
ଏବଂ ତାହାର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ $= 2l$ ।

ଏଠାରେ $N-$ମେରୁ ଯୋଗୁଁ $\overrightarrow{OP}$ ଦିଗରେ P ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା $F_n = \dfrac{m}{(d-l)^2}$

ଏବଂ $S-$ମେରୁ ଯୋଗୁଁ $\overrightarrow{PO}$ ଦିଗରେ P ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$F_s = \frac{m}{(d+l)^2}$$

P ବିନ୍ଦୁ $N-$ମେରୁର ନିକଟତମ, ସୁତରାଂ $F_n > F_s$

$$\therefore \ P \text{ ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା } F = \frac{m}{(d-l)^2} - \frac{m}{(d+l)^2}$$

$$= \frac{4mld}{(d^2-l^2)^2} = \frac{2Md}{(d^2-l^2)^2} \quad \cdots \quad \cdots\cdot \quad \cdots\cdot(1\cdot11)$$

[ଏଠାରେ M $(=2ml)$ ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ]

ଯଦି ଚୁମ୍ବକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦୂରତ୍ୱ ତୁଳନାରେ ନଗଣ୍ୟ ହୋଇଥାଏ, $d^2 >> l^2$

$$F = \frac{2M}{d^3} \quad \cdots \quad \cdots \quad (1\cdot12)$$

ଆଲୋଚ୍ୟ-2 :—ପାର୍ଶ୍ୱମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନ (Broad-side-on position) .

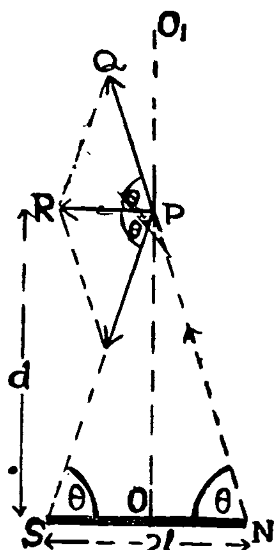
ବିନ୍ଦୁଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ନିରକ୍ଷରେଖା ଉପରେ ଅର୍ଥାତ୍ ଅକ୍ଷର ସମଦ୍ୱିଖଣ୍ଡକ ଲମ୍ବ ଉପରେ ଚୁମ୍ବକର ପାର୍ଶ୍ୱଭାଗରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିଲେ ଏହି ଅବସ୍ଥାନକୁ **ପାର୍ଶ୍ୱମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନ** କୁହାଯାଏ ।

SN ଚୁମ୍ବକର (ଚିତ୍ର ନଂ 1·14) ନିରକ୍ଷ-ରେଖା ଉପରେ ଅକ୍ଷର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ O ଠାରୁ d ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ ।

ଏଠାରେ $OS = ON = l$; $OP = d$

$SP = NP = \sqrt{d^2 + l^2}$;

ମନେକର $\angle PNO = \angle PSO = \theta$;



N – ମେରୁ ଯୋଗୁଁ $\overrightarrow{PQ}$ ଦିଗରେ

$$P \text{ ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା} = \frac{m}{(d^2 + l^2)}$$

$\overrightarrow{PO_1}$ ଓ $\overrightarrow{PR}$ ଦିଗରେ ଏହି ତୀବ୍ରତାର ଉପାଂଶ (Component) ଯଥାକ୍ରମେ

$$\frac{m}{(d^2 + l^2)} \times \sin\theta \text{ ଏବଂ } \frac{m}{(d^2 + l^2)} \times \cos\theta$$

$$[\because PR \parallel NS]$$

(ଚିତ୍ର ନଂ 1·14)

ସେହିପରି S – ମେରୁ ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ $\overrightarrow{PS}$ ଦିଗରେ ତୀବ୍ରତା $= \frac{m}{(d^2 + l^2)}$.

$\overrightarrow{OP}$ ଓ $\overrightarrow{PR}$ ଦିଗରେ ଏହି ତୀବ୍ରତାର ଉପାଂଶ ଯଥାକ୍ରମେ $\frac{m}{(d^2 + l^2)} \times \sin\theta$ ଏବଂ $\frac{m}{(a^2 + l^2)} \times \cos\theta$ ।

ଏଠାରେ sine ଉପାଂଶଦ୍ୱୟ ସମାନ ଓ ବିପରୀତମୁଖୀ ହୋଇଥିବାରୁ ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରଶମିତ କରନ୍ତି । cosine ଉପାଂଶଦ୍ୱୟ ଏକ ଦିଗରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବାରୁ P ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା

$$F = \frac{2m}{(d^2 + l^2)} \times \cos\theta$$

$$\text{କିନ୍ତୁ } \cos\theta = \frac{OS}{SP} = \frac{l}{\sqrt{d^2 + l^2}}$$

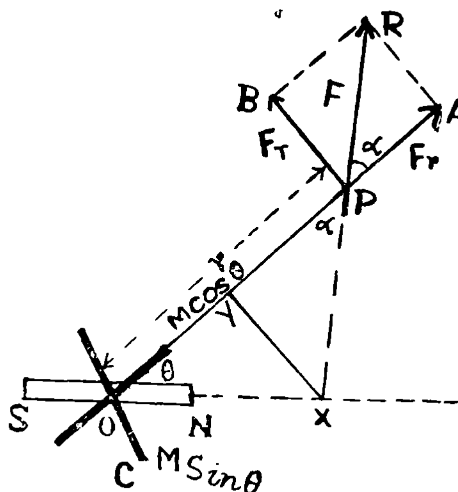
$$\therefore\ F=\frac{2m}{(d+l^2)}\times\frac{l}{\sqrt{d^2+l^2}}=\frac{m}{(d^2+l^2)^{3/2}}\ \text{........(1·13)}$$

ଏହି ତୀବ୍ରତା ଚୁମ୍ବକର ଅକ୍ଷ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଦିଗରେ କ୍ରିୟା କରେ ।

ଯଦି $d^3 >> l^2$ ହୁଏ

$$F=\frac{M}{d^3}\qquad \cdots \qquad \cdots\cdots \qquad \cdots\cdots\ (1·14)$$

ଆଲେଖ୍ୟ-3 :—ଛୋଟ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ (ଦ୍ୱିଧ୍ରୁବ) ଯୋଗୁ ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା [Magnetic field at any point due to a short bar magnet (Magnetic dipole)] :



(ଚିତ୍ର ନଂ 1·15)

SN ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର (ଚିତ୍ର ନଂ 1·1) ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ । ଏହି ଚୁମ୍ବକର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ O ଠାରୁ କିଛି ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । ମନେକର ଦୂରତ୍ୱ $OP=r$, $\angle PON=\theta$, ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $=M$ ଏବଂ ତାହାର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଦୈର୍ଘ୍ୟ $=2l$ । ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ M ଏକ ଭେକ୍ଟର ରାଶି ଓ ତେଣୁ ଏହାକୁ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଦୁଇ ଦିଗରେ ବିଘ୍ନୋଜିତ (Resolve) କରିହେବ । ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଭେକ୍ଟର $\vec{OP}$ ଓ ତାହାପ୍ରତି ଲମ୍ବ $\vec{OC}$ ଦିଗରେ Mର ବିଘ୍ନୋଜିତ ଅଂଶ ଯଥାକ୍ରମେ $M\cos\theta$

ଓ $M\sin\theta$ । ଏହି $M\cos\theta$ ଓ $M\sin\theta$କୁ ଗୋଟିଏ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଚୁମ୍ବକ ବୋଲି ଧରାଯାଇପାରେ । ବର୍ତ୍ତମାନ P ବିନ୍ଦୁଟି $M\cos\theta$ ଚୁମ୍ବକର ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ଓ $M\sin\theta$ ଚୁମ୍ବକର ପାର୍ଶ୍ୱମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ଅଛି ।

ସୁତରାଂ P ବିନ୍ଦୁରେ, $\overrightarrow{OP}$ ଦିଗରେ ତୀବ୍ରତା $F_r = \dfrac{2M\cos\theta}{r^3}$

ଏବଂ $\overrightarrow{PB}$ ଦିଗରେ ତୀବ୍ରତା $F_T = \dfrac{M\sin\theta}{r^3}$

∴ P ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା—

$$F = \sqrt{\left(\frac{2M\cos\theta}{r^3}\right)^2 + \left(\frac{M\sin\theta}{r^3}\right)^2}$$

$$= \frac{M}{r^3}\sqrt{3\cos^2\theta + 1} \qquad \cdots \qquad \cdots (1{\cdot}15)$$

ମି: କି: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ $F = \dfrac{1}{4\pi\,\mu_0\,\mu_r} \times \dfrac{M}{r^3}\sqrt{3\cos^2\theta + 1}$

ଯଦି ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା $F\ (=PR)$ ଓ ତୀବ୍ରତା $F_R(=PA)$ ମଧ୍ୟରେ ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ α ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$\tan\alpha = \frac{F_T}{F_R} = \frac{M\sin\theta}{r^3} \Big/ \frac{2M\cos\theta}{r^3} = \frac{1}{2}\tan\theta$$

କିମ୍ବା $2\tan\alpha = \tan\theta \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad \cdots (1{\cdot}16)$

RPକୁ ବର୍ଦ୍ଧନ କଲେ ତାହା ଯଦି SN ଚୁମ୍ବକର ଅକ୍ଷ ରେଖାକୁ (ଚିତ୍ର ନଂ—1·15) X ବିନ୍ଦୁରେ ଛେଦ କରେ ଏବଂ XY ଯଦି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଭେକ୍ଟର OP ସହିତ ଲମ୍ବ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ $\tan\alpha = \dfrac{XY}{PY}$ ଏବଂ $\tan\theta = \dfrac{XY}{OY}$

କିମ୍ବା, $\dfrac{2\,XY}{PY} = \dfrac{XY}{OY}$

∴ $PY = 2\,OY$

ସୁତରାଂ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତାର ଦିଗ ଏପରି ହୋଇଥାଏ ଯେ ତାହା ଯଦି ଚୁମ୍ବକର ବର୍ଦ୍ଧିତ ଅକ୍ଷକୁ X ବିନ୍ଦୁରେ ଛେଦ କରେ ତାହାହେଲେ X ବିନ୍ଦୁରୁ OP ଉପରେ ଅଙ୍କିତ ଲମ୍ବ, $OP(=r)$କୁ $1:2$ ଅନୁପାତରେ ଭାଗ କରିବ ।

ଉଦାହରଣ (1) :—ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଓ ଚୁମ୍ବକର ମଧ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ତାହାର ଅକ୍ଷ ସହିତ θ କୋଣରେ ଏକ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ଅବସ୍ଥିତ । ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ M ଓ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ M_1 । ପ୍ରମାଣ କର ଯେ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ଯୁଗଳର ସର୍ବାଧିକ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $=\frac{MM_1}{r^3}\sqrt{1+3\cos^2\theta}$ ।

(ଚିତ୍ର ନଂ 1·15 ଦ୍ରଷ୍ଟବ୍ୟ) ଏଠାରେ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକଟି (M_1) P ବିନ୍ଦୁରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଏହି ବିନ୍ଦୁରେ କ୍ଷୁଦ୍ର ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା Fର ଦିଗ $\overrightarrow{PR}$ ଅଟେ । ମନେକର ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ଓ PR ମଧ୍ୟରେ ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ $=\beta$,

P ବିନ୍ଦୁରେ କ୍ଷୁଦ୍ର ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$F=\frac{M}{r^3}\sqrt{1+3\cos^2\theta},$$ (ସମୀକରଣ 1·15 ଦ୍ରଷ୍ଟବ୍ୟ)

ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $=M_1 F\sin\beta$

ଯେତେବେଳେ $\beta=90°$, ଅର୍ଥାତ୍ $\sin\beta=1$

ସେତେବେଳେ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ମାନ-ସର୍ବାଧିକ

$\therefore$ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ସର୍ବାଧିକମାନ $=\frac{MM_1}{r^3}\sqrt{1+3\cos^2\theta}$

(2) M ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ସହିତ ସମକୋଣରେ ଅବସ୍ଥିତ ଚୁମ୍ବକଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଓ ଚୁମ୍ବକର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁରେ ତାହାର ଅକ୍ଷ ସହିତ θ କୋଣରେ ଅବସ୍ଥିତ P ଏକ କ୍ଲୀବ ବିନ୍ଦୁ । ପ୍ରମାଣ କର ଯେ $\theta=\tan^{-1}\sqrt{2}$ ।

(ଚିତ୍ର ନଂ 1·15 ଦ୍ରଷ୍ଟବ୍ୟ), P ବିନ୍ଦୁରେ $F=H$ ଓ Fର ଦିଗ ଅର୍ଥାତ୍ XP ରେଖା OX ଅକ୍ଷରେଖା ସହିତ ସମକୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ।

ଏଠାରେ $\theta=90°-\alpha$

ବା $\alpha=90-\theta$; ($\alpha=$ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଭେକ୍ଟର r ଓ XP ମଧ୍ୟରେ କୋଣ)

ସମୀକରଣ 1·16 ଅନୁଯାୟୀ $\tan\theta=2\tan\alpha=2\cot\theta$

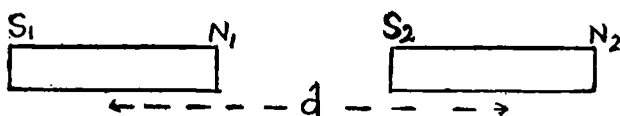
$\therefore \tan^2\theta=2$ ବା $\tan\theta=\sqrt{2}$ ବା $\theta=\tan^{-1}\sqrt{2}$ ।

1.16 ଦୁଇଟି ଛୋଟ ଚୁମ୍ବକ ମଧ୍ୟରେ ବଳ ଓ ଯୁଗଳ (Forces and Couples between two short magnets) :

ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକ କୌଣସି ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପିତ ହେଲେ ତାହା ଉପରେ କୌଣସି ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ବଳ (translatory force) କ୍ରିୟା କରେନାହିଁ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ କେବଳ ଗୋଟିଏ ଯୁଗଳ କ୍ରିୟା କରେ ଓ ତାହା ଫଳରେ ଚୁମ୍ବକଟି ସ୍ଥିର ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ରହେ । କିନ୍ତୁ ଅନ୍ୟ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ ଯଦି ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକ ଅନ୍ୟ ଏକ ଚୁମ୍ବକ ନିକଟରେ ସ୍ଥାପିତ ହୁଏ ଓ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ଅସମ (Non-uniform) ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ବଳ ଓ ଯୁଗଳ ଉଭୟ କ୍ରିୟା କରିବ । ମନେକର, N_1S_1 ଓ N_2S_2 ଦୁଇଟି (ଚିତ୍ର ନଂ 1.16) ଚୁମ୍ବକ ଓ ଯଥାକ୍ରମେ ସେମାନଙ୍କର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ M_1 ଓ M_2, ମେରୁପ୍ରାବଲ୍ୟ m_1 ଓ m_2 ଏବଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ $2l_1$ ଓ $2l_2$ । ସେମାନଙ୍କର ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥାନରେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବଳ ଓ ଯୁଗଳ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା । ଏଠାରେ $d >> l$ ଧରାଯାଇଛି ।

ଆଲୋଚ୍ୟ 1 : ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱୟର ଅକ୍ଷ ଯେତେବେଳେ ଏକ ଦିଗରେ ରହେ ।

(a) ବଳ :—ଏଠାରେ N_1S_1 ଓ N_2S_2 ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱୟ (ଚିତ୍ର ନଂ 1.16) ଏକ ରେଖାରେ ପରସ୍ପରଠାରୁ d ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.16)

S_1N_1 ଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁ S_2 ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର

$$\text{ତୀବ୍ରତା} = \frac{2M_1}{(d-l_2)^3} \quad \cdots \quad \cdots \ (\overrightarrow{S_2N_2} \text{ ଦିଗରେ})$$

$\therefore$ S_2 ବିନ୍ଦୁରେ $-m_2$ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ

$$= -\frac{2M_1m_2}{(d-l_2)^3} \quad \cdots \quad \cdots \quad (\overrightarrow{S_2N_2} \text{ ଦିଗରେ})$$

ସେହିପରି S_1N_1 ଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁଁ N ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା

$$= \frac{2M_1}{(d+l_2)^3} \quad \ldots \quad \ldots \quad (\overrightarrow{S_2N_2} \text{ ଦିଗରେ})$$

$\therefore$ N_2 ବିନ୍ଦୁରେ m_2 ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ

$$= \frac{2M_1m_2}{(d+l_2)^3} \quad \ldots \quad \ldots \quad (\overrightarrow{S_2N_2} \text{ ଦିଗରେ})$$

ସୁତରାଂ N_2S_2 ଉପରେ ପରିଣାମୀ ବଳ

$$= 2M_1m_2\left[\frac{1}{(d+l_2)^3} - \frac{1}{(d-l_2)^3}\right]$$

$$= -\frac{2M_1m_2 \times 6d^2l_2}{(d^2-l_2^2)^3} = -\frac{6M_1M_2d^2}{(d^2-l_2^2)^3} \ldots (\overrightarrow{S_2N_2} \text{ ଦିଗରେ})$$

$$= -\frac{6M_1M_2}{d^4} \quad \ldots \quad (\overrightarrow{S_2N_2} \text{ ଦିଗରେ}) \quad \ldots \quad (1\cdot7)$$

$[\because \; d^2 >> l^2]$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରେ ବ୍ୟବହୃତ (−) ଚିହ୍ନରୁ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ ପରିଣାମୀ ବଳ $\overrightarrow{N_2S_2}$ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ତେଣୁ ଏହା ଆକର୍ଷଣ ବଳ ।

(b **ଯୁଗଳ**— ଏଠାରେ $S_1N_1S_2N_2$ ଦିଗରେ ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ଅକ୍ଷରେ ବଳଗୁଡ଼ିକ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ହେତୁ ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ କୌଣସି ଯୁଗଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେନାହିଁ ।

ଅବସ୍ଥା 2 : ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱୟର ଅକ୍ଷ ଯେତେବେଳେ ସମକୋଣରେ ରହେ ।

(a) **ବଳ :—**

N_2S_2 ଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁଁ S_1 ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା

$$= \frac{M_2}{(d-l_1)^3} \quad \ldots \quad \ldots \quad (\overrightarrow{P_1S_1} \text{ ଦିଗରେ})$$

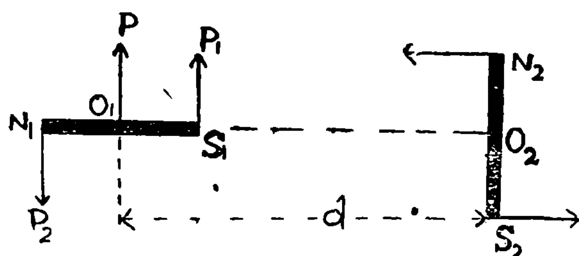
$\therefore$ S_1 ବିନ୍ଦୁରେ $-m_1$ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ

$$= -\frac{M_2m_1}{(d-l_1)^3} \quad \ldots \quad \ldots \quad (\overrightarrow{P_1S_1} \text{ ଦିଗରେ})$$

$$= + \frac{M_2 m_1}{(d - l_1)^3} \quad \cdots \quad \cdots \quad (\overrightarrow{S_1 P_1} \text{ ଦିଗରେ})$$

ସେହିପରି N_1 ବିନ୍ଦୁରେ $+m_1$ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ

$$= \frac{M_2 m_1}{(d + l_1)^3} \quad \cdots \quad \cdots \quad (\overrightarrow{N_1 P_2} \text{ ଦିଗରେ})$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.17)

ସୁତରାଂ $N_2 S_2$ ଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁଁ $N_1 S_1$ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ପରିଣାମୀ ବଳ $= M_2 m_1 \left[\frac{1}{(d - l_1)^3} - \frac{1}{(d + l_1)^3} \right]$

$$= \frac{3M_1 M_2}{d^4} \quad \cdots \quad (\because \ d^2 >> l^2, \quad \cdots \qquad (1 \cdot 18)$$

ଏହି ପରିଣାମୀ ବଳ $S_2 N_2$ ସହିତ ସମାନ୍ତର $\overrightarrow{O_1 P}$ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ଏହା ଏକ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ବଳ ।

(b) **ଯୁଗଳ** :— ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱୟ ଖୁବ୍ ଗ୍ରେଟ ଏବଂ ଦୂରତ୍ୱ d ତୁଳନାରେ ସେମାନଙ୍କର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନଗଣ୍ୟ । ତେଣୁ $N_2 S_2$ ଚୁମ୍ବକର ପ୍ରତ୍ୟେକ ମେରୁ $N_1 S_1$ ଚୁମ୍ବକର ପ୍ରାପ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ରହିଥିବାର ବିବେଚନା କରାଯାଇପାରେ । ବର୍ତ୍ତମାନ $N_1 S_1$ ଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁଁ $N_2 S_2$ ଚୁମ୍ବକର ପ୍ରତ୍ୟେକ ମେରୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ $= \frac{2M_1 m_2}{d^3}$ । ସେଥିମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ଆକର୍ଷଣ ବଳ ଓ ଅନ୍ୟଟି ବିକର୍ଷଣ ବଳ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ଦିଗ ଚିତ୍ର 1·17ରେ ତୀରଚିହ୍ନଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଏହି ବଳ

ଦ୍ୱୟ ସମାନ ଓ ବିପରୀତମୁଖୀ ; ତେଣୁ N_2S_2 ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ ଗୋଟିଏ ବାମାବର୍ତ୍ତୀ ଯୁଗଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ଏହି ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ—

$$= \frac{2M_1m_2}{d^3} \times 2l_2 = \frac{2M_1M_2}{d^3} \quad \cdots \quad (1\cdot19)$$

ପୁନଶ୍ଚ N_1S_1 ଚୁମ୍ବକଟି N_2S_2 ଚୁମ୍ବକର ପାର୍ଶ୍ୱମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ରହି-ଥିବାରୁ ତାହାର (N_1S_1 ଚୁମ୍ବକର) ପ୍ରତ୍ୟେକ ମେରୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ $= \frac{M_2m_1}{d^3}$; ଏହି ବଳଦ୍ୱୟ ସମାନ୍ତର ଓ ବିପରୀତମୁଖୀ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ଦିଗ ଚିତ୍ରରେ ତୀରଚିହ୍ନଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ତେଣୁ N_1S_1 ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ ଗୋଟିଏ ବାମାବର୍ତ୍ତୀ ଯୁଗଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ଏହି ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ

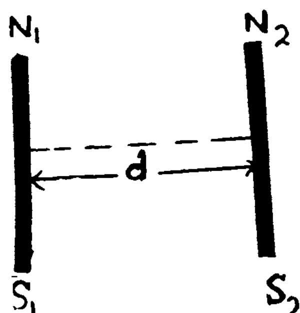
$$= \frac{M_2m_1}{d^3} \times 2l_1 = \frac{M_1M_2}{d^3} \quad \cdots \quad (1\cdot20)$$

ଉପରୋକ୍ତ ଉଭୟ ଯୁଗଳ ବାମାବର୍ତ୍ତୀ । ତେଣୁ ଯଦି ଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱୟକୁ ପରସ୍ପର ସହିତ ସମକୋଣରେ ଓ ପରସ୍ପରଠାରୁ କିଛି ଦୂରରେ ଜଳରେ ଭାସମାନ ଗୋଟିଏ କର୍କ ଉପରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟି ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବାମାବର୍ତ୍ତୀ ଯୁଗଳଦ୍ୱୟର ପରିଣାମୀ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $\frac{3M_1M_2}{d^3}$ ହେବ । ଫଳତଃ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟି କର୍କ ସହ ତାହାର ଲମ୍ବ ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ବିନା ଶକ୍ତି ପ୍ରୟୋଗରେ ଅଧିକରୁ ଅଧିକ ପରିବେଗରେ ଶାଶ୍ୱତ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରିବା ସ୍ୱାଭାବିକ । କିନ୍ତୁ ଏହି ଘୂର୍ଣ୍ଣନ **"ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ"** ଲଙ୍ଘନ କରେ । ବାସ୍ତବ ପକ୍ଷରେ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟି ଘୂରେନାହିଁ ଓ ଏହା ଏକ ଭ୍ରାନ୍ତିକର ଘଟଣା (Paradox) । ଏପରି ପରିସ୍ଥିତି ଉପୁଜିବାର କାରଣ ହେଉଛି ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ N_1S_1 ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ $\overrightarrow{O_1P}$ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ବଳ $\frac{3M_1M_2}{d^4}$ ଓ N_2S_2 ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ $\overrightarrow{N_2S_2}$ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ବଳ $\frac{3M_1M_2}{d^4}$ ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଇ ନାହିଁ । ଏହି ବଳଦ୍ୱୟ ବିପରୀତମୁଖୀ ଓ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟି ଉପରେ ଏହା ଫଳରେ ଯେଉଁ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ ଯୁଗଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ତାହାର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= \frac{3M_1M_2}{d^4} \times d = \frac{3M_1M_2}{d^3}$ । ତେଣୁ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟି ଉପରେ ଦୁଇଟି ସମାନ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଓ ବିପରୀତମୁଖୀ ଯୁଗଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବାରୁ ତାହା ଘୂରେ ନାହିଁ ।

ଆଲୋଚ୍ୟ 3 :—ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱୟର ଅକ୍ଷ ଯେତେବେଳେ ପରସ୍ପର ସହିତ ସମାନ୍ତର—

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଉଭୟ ଚୁମ୍ବକର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁକୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ସରଳରେଖା ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ବଳ

$$=\frac{3M_1M_2}{d^4};$$ କିନ୍ତୁ ଯୁଗଳଗୁଡ଼ିକ ଲୋପ-ପାଏ । ଉପରୋକ୍ତ ବିଶ୍ଳେଷଣରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ବଳ $\frac{1}{d^4}$ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ କିନ୍ତୁ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $\frac{1}{d^3}$ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ । ତେଣୁ dର ମାନ ବୃଦ୍ଧିପାଇଲେ ଅର୍ଥାତ୍ ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପରଠାରୁ ଅଧିକରୁ ଅଧିକ ଦୂରକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେଲେ ଯୁଗଳ ଅପେକ୍ଷା ବଳ ଶୀଘ୍ର ହ୍ରାସ ପାଏ । ଏହି କାରଣରୁ ଗୋଟିଏ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକ ଖୁବ୍ କ୍ଷୀଣ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ଘୂରିପାରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 1·18)

1·17 ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ (Magnetic Potential) :

କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ବହିର୍ଭାଗରୁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରସ୍ଥ ଏକ ବିନ୍ଦୁକୁ କ୍ଷେତ୍ରର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗୋଟିଏ N – ମେରୁ ଆଣିବାକୁ ହେଲେ ବାହ୍ୟକର୍ତ୍ତୃତ୍ୱକୁ କିଛି କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାକୁ ହୋଇଥାଏ, କାରଣ ଏଠାରେ N – ମେରୁ ବିକର୍ଷଣ ବଳ ବିରୁଦ୍ଧରେ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ । ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ N – ମେରୁର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି (potential energy) ଭାବରେ ସଞ୍ଚିତ ହୋଇ ରହେ ।

ଅସୀମ ଦୂରତ୍ୱରୁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରସ୍ଥ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁକୁ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଉତ୍ତରମେରୁ ଆଣିବା ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟକୁ ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁର "ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ" କୁହାଯାଏ । ଏହା ଆଲୋଚ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ଅବସ୍ଥିତ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଉତ୍ତରମେରୁର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ସହିତ ସମାନ । ବିଭବ ଏକ ସ୍କାଲର (Scalar) ରାଶି ଓ ଏହା ଉତ୍ତରମେରୁ ଅନୁସରଣ କରୁଥିବା ପଥ (p th) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେନାହିଁ ।

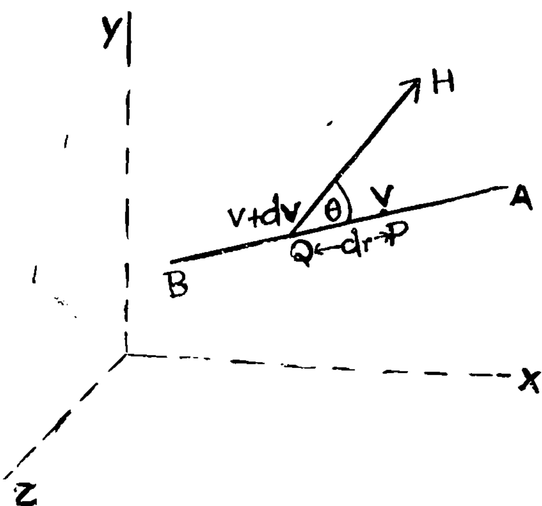
ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବର ଉପରୋକ୍ତ ସଂଜ୍ଞାରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଉତ୍ତରମେରୁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରସ୍ଥ କୌଣସି ଏକ ବିନ୍ଦୁରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁକୁ ବିସ୍ଥାପିତ

ହେଲେ ସେଥିପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ସେହି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର (potential difference) ।

1·14 ଚୁମ୍ବକୀୟ ତୀବ୍ରତା ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ବନ୍ଧ :

ମନେକର ଗୋଟିଏ ଏକକ ଉତ୍ତରମେରୁ H ତୀବ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 1·19) AB ଦିଗରେ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେବ । ଚିତ୍ରରେ Hର ଦିଗ ତୀରଚିହ୍ନଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ଓ ତାହା BA ଦିଗ ସହିତ θ କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରୁଛି । AB ସରଳରେଖା ଉପରେ P ଓ Q ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଓ ମନେକର ସେହି ବିନ୍ଦୁଦ୍ୱୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ ଯଥାକ୍ରମେ V ଓ $V+dV$ । P ଓ Q ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ dr ହେଉ । ଏହି dr ଦିଗରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $= H\cos\theta$ । P ବିନ୍ଦୁରୁ Q ବିନ୍ଦୁକୁ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଉତ୍ତରମେରୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରିବାପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ $= -H\cos\theta\cdot dr$ ଓ ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ P ଓ Q ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ସହିତ ସମାନ ।

ସୁତରାଂ $dV = -H\cos\theta\cdot dr$ କିମ୍ବା $H\cos\theta = H_r = -\dfrac{\partial V}{\partial r}$ ... (1·21)



(ଚିତ୍ର ନଂ 1·19)

ଏଠାରେ ବିଯୁକ୍ତଚିହ୍ନର ଅର୍ଥ ହେଉଛି r ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲେ Vର ମାନ ହ୍ରାସପାଏ । ଯେତେବେଳେ $\theta = 0$, ସେତେବେଳେ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣର ବାମପାର୍ଶ୍ୱ ସର୍ବାଧିକ ଓ ତେଣୁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଦିଗରେ ବିଭବ V ଖୁବ୍ ଦ୍ରୁତ ହ୍ରାସପାଏ ।

ସମକୋଣୀୟ ଅକ୍ଷ x, y ଓ z ଦିଗରେ Hର ସଂଯୋଜକ (Component) ଯଦି ଯଥାକ୍ରମେ H_x, H_y ଓ H_z ହୁଏ ଓ ସେହି ଦିଗରେ dr ଯଦି ଯଥାକ୍ରମେ dx, dy ଓ dz ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$H_x = -\frac{\partial V}{\partial x},\ H_y = -\frac{\partial V}{\partial y}\ ଓ\ H_z = -\frac{\partial V}{\partial z} \quad \cdots (1{\cdot}22)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବର ଏକ ବିକଳ୍ପ ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରାଯାଇପାରେ ଓ ତାହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା—

ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ ଏପରି ଏକ ଭୌତିକ ରାଶି ଯାହାର କୌଣସି ଦିଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ସେହି ଦିଗରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ସହିତ ସମାନ ଅଟେ ।

ବିଭବ Vକୁ ଯଦି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଭେକ୍ଟର r (Radius vector), ଧ୍ରୁବୀୟ କୋଣ θ (Polar angle) ଓ ଦିଗନ୍ତବୃତ୍ତୀୟ କୋଣ ϕ (Azimuth)ର ଅପେକ୍ଷକ (function) ରୂପେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ r, θ ଓ ϕ ବୃଦ୍ଧିପାଉଥିବା ଦିଗରେ Hର ମାନ ଯଥାକ୍ରମେ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା—

$$H_r = -\frac{\partial V}{\partial r},\ H_\theta = -\frac{\partial V}{r\,\partial \theta},\ H_\phi = -\frac{\partial V}{r \sin\,\theta\,\partial \phi} \cdots (1{\cdot}23)$$

ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁର ଗତିପଥ ଯଦି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର Hର ଦିଗ ସହିତ θ କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ତାହାହେଲେ ଗତିପଥର ଯେ କୌଣସି ଦୁଇବିନ୍ଦୁ A ଓ B ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ନିମ୍ନଲିଖିତ ସମୀକରଣଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ—

$$V_B - V_A = \int_A^B dV = -\int_A^B H \cos\theta\, dr \quad \cdots \quad \cdots (1{\cdot}24)$$

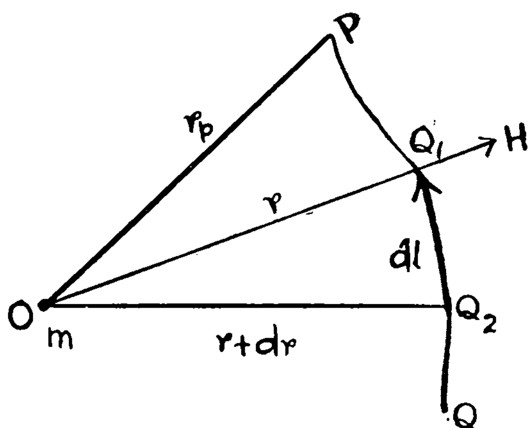
1·19 ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିନ୍ଦୁମେରୁ m ଠାରୁ r_p ଦୂରତ୍ୱରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ (Magnetic potential at a distance r_p due to a point pole m) :

କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିନ୍ଦୁମେରୁ m ଦ୍ୱାରା, ତାହାଠାରୁ r_p ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେଲେ ଅସୀମ ଦୂରତ୍ୱରୁ ସେହି ବିନ୍ଦୁକୁ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଉତ୍ତରମେରୁ ଆଣିବା ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟର ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ ଆବଶ୍ୟକ ।

ଏଠାରେ QP (ଚିତ୍ର ନଂ 1·20) ଅନୁସୃତ ପଥ । ଏହି ପଥରେ ବିନ୍ଦୁ ମେରୁ m ଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ Q_1 ବିନ୍ଦୁରେ r ଦିଗରେ ଚୁମ୍ବକ-କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା—

$$H=\frac{m}{\mu r^2}$$

[μ = ମାଧ୍ୟମର ସୁଭେଦ୍ୟତା]



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.20)

Q_1ର ଖୁବ୍ ନିକଟରେ dl ଦୂରତ୍ୱରେ Q_2 ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁ । ଯଦି ଚୁମ୍ବକ-କ୍ଷେତ୍ର H ଓ dl ମଧ୍ୟରେ ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ θ ହୁଏ ତାହାହେଲେ H ଦିଗରେ dlର ସଂଯୋଜକ $= dl \cos\theta$ ।

ତେଣୁ Q_2ରୁ Q_1 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଉତ୍ତରମେରୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେବାପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ $= Hdl\cos\theta = Hdr$

$(\because dl\cos\theta = dr)$

ସୁତରାଂ Q_1 ଓ Q_2 ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର

$$dV = Hdr$$

$$=\frac{m}{\mu r^2}\times dr$$

$$\therefore \ P \text{ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ } V = -\int_{\infty}^{r_p}\frac{m}{\mu r^2}dr$$

$$=-\frac{m}{\mu}\int_{\infty}^{r_p}\frac{dr}{r^2}=\frac{m}{\mu}\left[\frac{1}{r}\right]_{\infty}^{r_p}=\frac{m}{\mu r_p}\cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (1{\cdot}25)$$

ବାୟୁ ବା ଶୂନ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ, $V=\dfrac{m}{r_p}$ … … (1·25a)

$(\because$ ବାୟୁ ବା ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମରେ $\mu = 1)$

ଯଦି P ବିନ୍ଦୁଠାରୁ r_1, r_2, r_3······ଦୂରତ୍ୱରେ ଯଥାକ୍ରମେ m_1, m_2, m_3,······ପ୍ରାବଲ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ କେତେକ ବିନ୍ଦୁମେରୁ ଥାଏ ତାହାହେଲେ ସେ ସମସ୍ତ ଦ୍ୱାରା P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ—

$$V = \frac{m_1}{\mu r_1} + \frac{m_2}{\mu r_2} + \frac{m_3}{\mu r_3} + \quad \cdots \quad \cdots\cdots$$

$$= \frac{1}{\mu} \Sigma \frac{m}{r} \text{ ଅର୍ଗ/ଏକକମେରୁ ପ୍ରାବଲ୍ୟ} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots (1\cdot 26)$$

ମି: କି: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ, $V = \frac{1}{4\pi \mu_0 \mu r} \Sigma \frac{m}{r}$ ଜୁଲ୍/ୱେବେର···(1·27)

ମେରୁ ପ୍ରାବଲ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ଯଦି ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବରେ ବିସ୍ତାରିତ ହୋଇଥା'ନ୍ତି ଏବଂ ତାହାର ଆୟତନ ସାନ୍ଦ୍ରତା (Volume density) ଓ ପୃଷ୍ଠ ସାନ୍ଦ୍ରତା (surface density) ଯଥାକ୍ରମେ P ଓ σ ହୁଏ ତାହାହେଲେ, ଆୟତନ τ ଓ ପୃଷ୍ଠତଳ (surface area) s ପାଇଁ

$$V = \frac{1}{4\pi \mu_0 \mu r} \left[\int_\tau \frac{\rho d\tau}{r} + \int_s \frac{\sigma ds}{r} \right] \cdots\cdots \quad \cdots\cdots (1\cdot 28)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ କେବଳ ସେହି ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନାଙ୍କ (Co-ordinates) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ଏବଂ ଏକକ-ମେରୁ ଅନୁସରଣ କରୁଥିବା ପଥ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

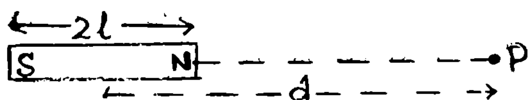
1·27 ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ :

ଆଲୋଚ୍ୟ-1 :—ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନ—ଏଠାରେ P ବିନ୍ଦୁ ଚୁମ୍ବକର (ଚିତ୍ର ନଂ 1·21) ଅକ୍ଷରେଖା ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଉତ୍ତରମେରୁ ଯୋଗୁ ବିନ୍ଦୁ Pରେ ବିଭବ —

$$V_n = + \frac{m}{(d-l)}$$

ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ

$$V_s = - \frac{m}{(d+l)}$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 1·21)

ସୁତରାଂ ବିନ୍ଦୁ Pରେ ପରିଣାମୀ ବିଭବ—

$$V = V_s + V_n = \frac{m}{(d-l)} - \frac{m}{(d+l)} = \frac{2ml}{(d^2-l^2)}$$

$$= \frac{M}{(d^2-l^2)} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1{\cdot}29)$$

ଯେତେବେଳେ $d^2 >> l^2$

$$V = \frac{M}{d^2} \quad \dots \quad \dots \quad \dots (1{\cdot}30)$$

ଆଲୋଚ୍ୟ-2 :—ପାର୍ଶ୍ୱମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନ—ଏଠାରେ ବିନ୍ଦୁ P ଚୁମ୍ବକୀୟ ନିରକ୍ଷରେଖା ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ (ଚିତ୍ର- ନଂ 1·22) P ବିନ୍ଦୁରେ ଉତ୍ତରମେରୁ ଯୋଗୁଁ ବିଭବ—

$$V_n = + \frac{m}{\sqrt{a^2+l^2}}$$

P ବିନ୍ଦୁରେ ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ଯୋଗୁଁ ବିଭବ—

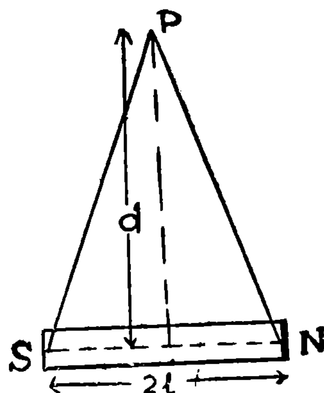
$$V_s = - \frac{m}{\sqrt{d^2+l^2}}$$

P ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ବିଭବ

$$V = V_n + V_s$$

$$= \frac{m}{\sqrt{d^2+l^2}} - \frac{m}{\sqrt{d^2+l^2}}$$

$$= 0 \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (1{\cdot}31)$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 1·22)

ଆଲୋଚ୍ୟ-3—ଛୋଟ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱିଧ୍ରୁବ ଯୋଗୁ ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ :—

NS ଗୋଟିଏ ଛୋଟ (ଚିତ୍ର ନଂ 1·23) ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ । ମନେକର ଏହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ $=2l$; ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= M$ ଓ ମେରୁପ୍ରାବଲ୍ୟ $= m$ । ଏହି ଚୁମ୍ବକର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ Oଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । ମନେକର ON ଓ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଭେକ୍ଟର OPର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ $=\theta$ । ବର୍ତ୍ତମାନ N ଓ S ବିନ୍ଦୁରୁ PO ବର୍ଦ୍ଧିତ ସରଳରେଖା ଉପରେ ଯଥାକ୍ରମେ NQ ଓ SR ଲମ୍ବ ଆଙ୍କନ କର ।

ଉତ୍ତରମେରୁ ଯୋଗୁ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ—

$$V_n = \frac{m}{PN} = \frac{m}{PQ} = \frac{m}{(PO-OQ)}$$

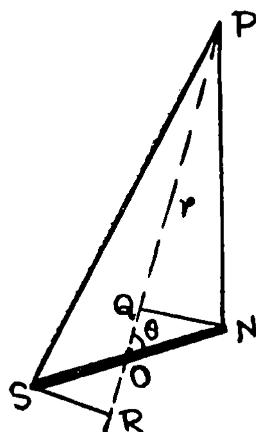
$$= \frac{m}{r - l\cos\theta}$$

ସେହିପରି ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ –

$$V_s = -\frac{m}{PS} = -\frac{m}{PR} = -\frac{m}{(PO+OR)}$$

$$= -\frac{m}{r+l\cos\theta}$$

ସୁତରାଂ P ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ବିଭବ –



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.23)

$$V = V_n + V_s = \frac{m}{r-l\cos\theta} - \frac{m}{r+l\cos\theta}$$

$$= \frac{m(r+l\cos\theta - r + l\cos\theta)}{r^2 - l^2\cos^2\theta} = \frac{2ml\cos\theta}{r^2 - l^2\cos^2\theta}$$

$$= \frac{M\cos\theta}{r^2}$$ ଅର୍ଗ/ଏକକ ମେରୁ (ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମରେ) ··· ··· (1·32)

[$\because$ ଚୁମ୍ବକଟି କ୍ଷୁଦ୍ର ଓ $r^2 >> l^2$]

ଏହା ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବର ସାଧାରଣ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ଓ ସେଥିରୁ ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଓ ପାର୍ଶ୍ୱମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ବିଭବର ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସହଜ ।

(i) ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ଅର୍ଥାତ୍ P ବିନ୍ଦୁ ଚୁମ୍ବକର ଅକ୍ଷରେଖା ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିଲେ $\theta = 0$ ଓ ତେଣୁ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ—

$$V = \frac{M\cos\theta}{r^2} = \frac{M}{r^2}$$

(ii) ପାର୍ଶ୍ୱମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ଅର୍ଥାତ୍ P ବିନ୍ଦୁ ଚୁମ୍ବକର ନିରକ୍ଷରେଖା ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିଲେ $\theta = 90°$ ଓ ତେଣୁ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ—

$$V = \frac{M\cos\theta}{r^2} = \frac{M\cos 90°}{r^2} = 0$$

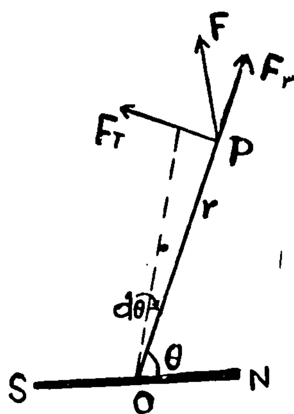
ମି: କି: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ

$$V = \frac{M \cos \theta}{4\pi \mu_0 \mu_r r^2}$$ କୁଲ/ଓ୍ୱେବର ... (1·33)

1·21 ବିଭବର ଉପରୋକ୍ତ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ସାହାଯ୍ୟରେ ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ପୂର୍ବରୁ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଅଛି ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତୀବ୍ରତା ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଭବ ପ୍ରବଣତା ସହିତ ସମାନ ଅର୍ଥାତ୍

$$F = -\frac{dV}{dr}$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.24)

ସମୀକରଣ 1.28 ଅନୁସାରୀ M ଚୁମ୍ବକାୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଦ୍ୱିଧ୍ରୁବ ଯୋଗୁଁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ

$$V = \frac{M \cos \theta}{r^2}$$

ଏଠାରେ r ଓ θ ବିନ୍ଦୁ Pର ଧ୍ରୁବୀୟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାଙ୍କ (Polar co-ordinates) ଅର୍ଥାତ୍ ଚୁମ୍ବକ NSର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ (ଚିତ୍ର ନଂ 1.24) O ଠାରୁ P ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱ $OP = r$ ଏବଂ OP ଓ ONର ଅନ୍ତର୍ଗତ $\angle PON = \theta$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ବିଭବ V ଧ୍ରୁବୀୟ ନିର୍ଦ୍ଦେଶାଙ୍କ r ଓ θ ଉଭୟର ଅପେକ୍ଷକ (function) ଓ ତେଣୁ Vକୁ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଯେ କୌଣସି ଗୋଟିଏ ତୁଳନାରେ ଅନ୍ତରକଳନ କରାଯାଇପାରେ । ସୁତରାଂ ତୀବ୍ରତା Fର ଦୁଇଟି ଉପାଂଶ ରହିବ (i) ଗୋଟିଏ r ବୃଦ୍ଧିପାଉଥିବା ଦିଗରେ ଓ ତାହାକୁ **ଅରୀୟ ଉପାଂଶ** (Radial component) କୁହାଯାଏ ଏବଂ (ii) ଅନ୍ୟଟି θ ବୃଦ୍ଧିପାଉଥିବା ଦିଗରେ ଓ ତାହାକୁ **ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଉପାଂଶ** (Transverse component) କୁହାଯାଏ ।

(i) θକୁ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଧରି Vକୁ r ତୁଳନାରେ ଅନ୍ତରକଳନ କଲେ ତୀବ୍ରତା Fର ଅରୀୟ ଉପାଂଶ ମିଳେ । ସୁତରାଂ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା Fର ଅରୀୟ ଉପାଂଶ—

$$F_r = -\frac{dV}{dr} = -\frac{d}{dr}\left(\frac{M \cos \theta}{r^2}\right)$$

$$= \frac{2M \cos \theta}{r^3}$$

(ii) କିନ୍ତୁ θ ବୃଦ୍ଧିପାଉଥିବା ଦିଗରେ କୋଣ $d\theta$ ବୃଦ୍ଧିପାଇଁ Pର ସ୍ଥାନ-ନିର୍ଦ୍ଦେଶାଙ୍କ (Space cordinate) $rd\theta$ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବ । ସୁତରାଂ rକୁ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଧରି Vର ଅନ୍ତର କଳନ କଲେ Fର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଉପାଂଶ ମିଳେ । ତେଣୁ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା Fର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଉପାଂଶ

$$F_T = -\frac{dv}{rd\theta} = -\frac{1}{r}\frac{d}{d\theta}\left(\frac{M\cos\theta}{r^2}\right) = \frac{M\sin\theta}{r^3}$$

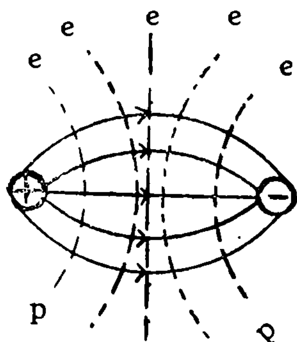
$\therefore$ P ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା

$$F = \sqrt{F_r^2 + F_T^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{2M\cos\theta}{r^3}\right)^2 + \left(\frac{M\sin\theta}{r^3}\right)^2} = \frac{M}{r^3}\sqrt{3\cos^2\theta + 1}$$

1·22 ସମବିଭବ ରେଖା ଓ ପୃଷ୍ଠତଳ :

କୌଣସି ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସମବିଭବ (ଚୁମ୍ବକୀୟ) ବିଶିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ରେଖା ବା ପୃଷ୍ଠତଳକୁ ଯଥାକ୍ରମେ ସମବିଭବ ରେଖା ବା ପୃଷ୍ଠତଳ କୁହାଯାଏ । ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଏହି ସମବିଭବରେଖା ବା ପୃଷ୍ଠତଳକୁ ସର୍ବଦା ସମକୋଣରେ ଛେଦ କରନ୍ତି । ସମବିଭବରେଖା ବା ପୃଷ୍ଠତଳ ଉପରେ କୌଣସି ଏକ ବିନ୍ଦୁରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁକୁ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରିବା ପାଇଁ କୌଣସି କାର୍ଯ୍ୟ ପ୍ରୟୋଜନ ହୁଏନାହିଁ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 1·25)

ଚିତ୍ର ନଂ 1·25ରେ n ଓ s ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ । ଏହି ଦୁଇ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ତୀରଚିହ୍ନିତ ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳରେଖା ଓ $e-p$ ଚିହ୍ନିତ ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ସମବିଭବରେଖା ।

ଉଦାହରଣ 1.

ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଚୁମ୍ବକର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁଠାରୁ 10 ସେ. ମି. ଦୂରତ୍ୱରେ ଚୁମ୍ବକର ଅକ୍ଷ ସହିତ 60° କୋଣରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା 0·4 ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍ । ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$$F=\frac{M}{r^3}\sqrt{1+3\cos^2\theta}=\frac{M}{r^3}\sqrt{1+3\cos^2 60}$$

ବା $0{\cdot}4=\frac{M}{(10^3)}\times\sqrt{1+3\times\frac{1}{4}}=\frac{M}{(10)^3}\times\frac{1}{2}\sqrt{7}$

$M=0{\cdot}4\times1000\times2/2{\cdot}64=303$ ସେ. ଗ୍ରା. ସେ. ଏକକ

ଉଦାହରଣ 2.

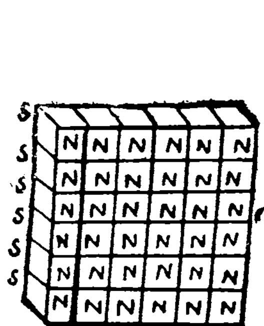
ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ 50 ସେ. ଗ୍ରା. ସେ. ଏକକ । ଏହି ଚୁମ୍ବକର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁରୁ 10 ସେ. ମି. ଦୂରରେ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅକ୍ଷ ସହିତ 60° କୋଣରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$$V=\frac{M\cos\theta}{r^2}=\frac{50\times\cos 60^\circ}{100}=\frac{50\times\frac{1}{2}}{100}$$

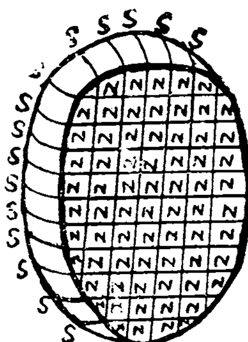
$=0{\cdot}25$ ଅର୍ଗ/ଏକକ ମେରୁ

1·23 ଚୁମ୍ବକ କବଚ (Magnetic shell) :

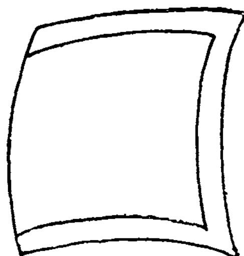
କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଫଳକ (Sheet) ତାହାର ପୃଷ୍ଠତଳର ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଚୁମ୍ବକିତ ହୋଇଥିଲେ ତାହାକୁ **ଚୁମ୍ବକ କବଚ** (ଚିତ୍ର ନଂ 1·26)



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.26a)



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.26b)



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.26c)

କୁହାଯାଏ । ଏହାର ଦୁଇ ବିପରୀତ ପୃଷ୍ଠରେ ଦୁଇଟି ବିପରୀତ ମେରୁ ଅବସ୍ଥାନ କରେ । କୌଣସି ଚୁମ୍ବକ କବଚ ପାଖାପାଖି ଅବସ୍ଥିତ ଅସଂଖ୍ୟ ଛୋଟ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ବା ଦ୍ୱିମେରୁ

ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ହୋଇଥିବାର କଳ୍ପନା କରାଯାଏ । ଏହି ଦ୍ୱିମେରୁଗୁଡ଼ିକର ସମକାଗାସ୍ଥ ମେରୁଗୁଡ଼ିକ ଏକ ଦିଗରେ ରହିଥାଏ ଅର୍ଥାତ୍ ଉତ୍ତର ମେରୁଗୁଡ଼ିକ କବଚର ଏକ ପାଖରେ ଓ ଦକ୍ଷିଣ ମେରୁଗୁଡ଼ିକ ଅପର ପାଖରେ ରହିଥାଏ । କବଚର ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥାନର ବେଧ (Thickness) ସେହି ସ୍ଥାନରେ ଦ୍ୱିମେରୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ସମାନ । ଚୁମ୍ବକ କବଚର ସୀମାରେଖା ସରଳ ବା ବକ୍ର ହୋଇପାରେ ଏବଂ ତାହାର ପୃଷ୍ଠତଳ ସମତଳ ବା ବକ୍ରତଳ (ଚିତ୍ର ନଂ 1.26c) ହୋଇପାରେ ।

କୌଣସି ଚୁମ୍ବକ କବଚର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (Magnetic moment) କବଚଟି ଯେଉଁ ଦ୍ୱିମେରୁଗୁଡ଼ିକଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ହୋଇଥିବାର କଳ୍ପନା କରାଯାଏ ସେଗୁଡ଼ିକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ସମଷ୍ଟି ସହିତ ସମାନ । ଏହାର ପୃଷ୍ଠତଳର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣକୁ **"କବଚର ପ୍ରାବଲ୍ୟ"** (Strength of the shell) କୁହାଯାଏ ଓ ଏହାକୁ ଅକ୍ଷର ϕ ଦ୍ୱାରା ସୂଚାଇ ଦିଆଯାଏ ।

ଯଦି କବଚର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା (Surface density) ଅର୍ଥାତ୍ ଏହାର ପୃଷ୍ଠତଳର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ମେରୁ ପ୍ରାବଲ୍ୟ σ ହୁଏ ଓ କବଚର ବେଧ t ହୁଏ ତାହା ହେଲେ

କବଚ ପ୍ରାବଲ୍ୟ $\phi = \sigma t$

ମନେକର କବଚର ପ୍ରତ୍ୟେକ ପୃଷ୍ଠତଳର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $= A$

$\therefore$ କବଚର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $M = \phi A = \sigma t A = \sigma V$

[$V = tA =$ କବଚର ଆୟତନ]

$$\therefore \sigma = \frac{M}{V}$$

1.21 ଚୁମ୍ବକ କବଚ ଯୋଗୁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା :

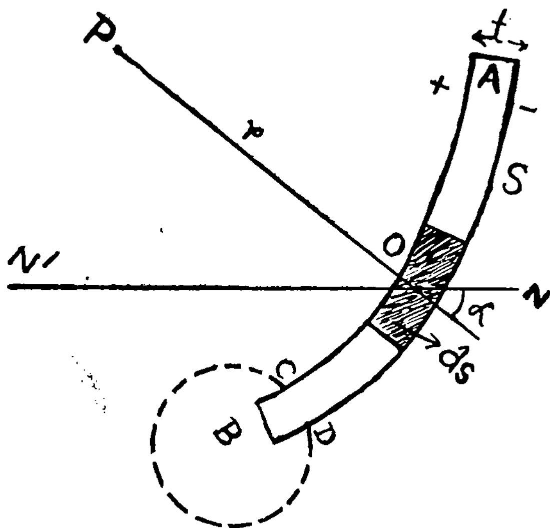
ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ୱିମେରୁ ଯୋଗୁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଯେପରି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଠିକ୍ ସେହିପରି ଚୁମ୍ବକ କବଚ ଯୋଗୁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । (ପୂର୍ବବର୍ତ୍ତୀ ଅନୁଚ୍ଛେଦ 1.15 ଆଲୋଚନା—3) ଚୁମ୍ବକ କବଚ ଯୋଗୁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା—

$$F = \frac{M}{d^3}\sqrt{3\cos^2\theta + 1} \text{ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍}$$

[ଏଠାରେ d = କବଚଠାରୁ ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱ
θ = ଦ୍ୱିମେରୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ (କବଚର ବେଧ)
ଓ dର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ]

1.25 ଚୁମ୍ବକ କବଚ ଯୋଗୁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ (Potential at a point due to a magnetic shell) :

AB ଗୋଟିଏ ବକ୍ର ଚୁମ୍ବକ କବଚ (ଚିତ୍ର ନଂ 1.27) ଓ ତାହାର ପୃଷ୍ଠଭାଗର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ S । ଏହାର ବାମ ପାର୍ଶ୍ୱରେ +ve ଅର୍ଥାତ୍ ଉତ୍ତର ମେରୁ ଓ ଦକ୍ଷିଣ ପାର୍ଶ୍ୱରେ −ve ଅର୍ଥାତ୍ ଦକ୍ଷିଣ ମେରୁ ଉପଜାତ ହୋଇଥିବାର କଳ୍ପନା କରାଯାଉ । ମନେକର କବଚର ଉତ୍ତରମେରୁ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.27)

କବଚଟିକୁ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଦ୍ୱିମେରୁରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଉ ଓ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଦ୍ୱିମେରୁର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ dS ଓ ଦୈର୍ଘ୍ୟ t (t = କବଚର ବେଧ) ହେଉ । ଚିତ୍ର ନଂ 1.27 ରେ ଛାୟାଙ୍କିତ dS ଏହିପରି ଏକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଏବଂ ON' ଦିଗରେ ତାହାର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $P = \phi dS$ । ଯଦି dSର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ O ଠାରୁ P ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱ r ହୁଏ ଏବଂ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଭେକ୍ଟର r ଓ ଲମ୍ବ ONର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ α ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଦ୍ୱିମେରୁ ଯୋଗୁ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ—

$$dV = \frac{\phi\, dS \cos\alpha}{r^2}$$

dS କ୍ଷେତ୍ରଫଳଦ୍ୱାରା P ବିନ୍ଦୁରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ଘନକୋଣ

$$d\Omega = \frac{dS \cos\alpha}{r^2}$$

$\therefore\ dV = \phi d\Omega$

ସୁତରାଂ ସମଗ୍ର (whole) ଚୁମ୍ବକ କବଚ ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ

$$V = \int \phi d\Omega = \phi \int d\Omega = \phi\Omega \quad \cdots \quad \cdots \quad (1.34)$$

[ଏଠାରେ Ω = ସମଗ୍ର କବଚର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ S ଦ୍ୱାରା P ବିନ୍ଦୁରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ଘନ କୋଣ]

P ବିନ୍ଦୁ ଯଦି କବଚର ଦକ୍ଷିଣ ମେରୁ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥାଏ ତାହା ହେଲେ ସେଠାରେ ବିଭବ

$$V = -\phi\Omega \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots \quad (1.35)$$

ଯଦି ଚୁମ୍ବକ କବଚ ଓ ବିନ୍ଦୁ P ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମାଧ୍ୟମର ସୁଭେଦ୍ୟତା μ ହୁଏ,

$$V = \frac{\phi\Omega}{\mu} \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots \quad (1.36)$$

ଆକାର (Shape) ନିର୍ବିଶେଷରେ ସମାନ ପରିଧି (Periphery) ବିଶିଷ୍ଟ ସବୁ ପ୍ରକାର କବଚ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁରେ ସମାନ ଘନକୋଣ (Ω) ଉତ୍ପନ୍ନ କରନ୍ତି । ଫଳତଃ ସମୀକରଣ (1.36)ରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ଜଣାଯାଏ ଯେ ସମାନ ପରିଧି ଓ ସମାନ ପ୍ରାବଲ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ସବୁପ୍ରକାର ଚୁମ୍ବକ କବଚଦ୍ୱାରା ସମାନ ଘନକୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ବିନ୍ଦୁରେ ସମାନ ବିଭବ ଉପଜାତ ହେବ । ସୁତରାଂ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକ କବଚର ବିଭବ କବଚର ଆକାର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେନାହିଁ ; ତାହା କେବଳ କବଚର ପ୍ରାବଲ୍ୟ, ସୀମାରେଖା ଓ ମାଧ୍ୟମର ସୁଭେଦ୍ୟତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ଅନୁସିଦ୍ଧାନ୍ତ 1.

P ବିନ୍ଦୁ ଯଦି କବଚର +ve ପାର୍ଶ୍ୱରେ ତାହାର ଖୁବ୍ ନିକଟରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥାଏ (ଚିତ୍ର ନଂ 1.27 ରେ ଅବସ୍ଥାନ c) ତାହାହେଲେ ସେଠାରେ $\Omega = 2\pi$,

[ଅନୁଚ୍ଛେଦ 1.26 ଦ୍ରଷ୍ଟବ୍ୟ]

ସୁତରାଂ $V_C = 2\pi\phi$

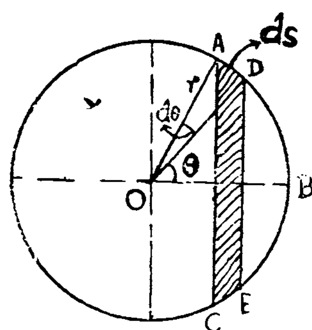
P ବିନ୍ଦୁ ଯଦି କବଚର −ve ପାର୍ଶ୍ୱରେ ତାହାର ଖୁବ୍ ନିକଟରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥାଏ (ଚିତ୍ରରେ ଅବସ୍ଥାନ D) ତାହାହେଲେ ସେଠାରେ

$$V_D = -2\pi\phi$$

ତେଣୁ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଉତ୍ତର ମେରୁକୁ C ଅବସ୍ଥାନରୁ D ଅବସ୍ଥାନକୁ କବଚର ପ୍ରାନ୍ତ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱ ଦେଇ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରିବା ପାଇଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଯେଉଁ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ, ତାହା

$$W = V_C - V_D = 4\pi\phi \quad \cdots \quad \cdots \quad (1.37)$$

1.26 ବୃତ୍ତାକାର ଢ଼ଙ୍କର (କବଚ) ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ଘନକୋଣ Ω ର ମୂଲ୍ୟ ନିରୂପଣ :



(ଚିତ୍ର ନଂ 1.28)

କୌଣସି ବୃତ୍ତାକାର କବଚକୁ ଗୋଟିକ ଗୋଲକର ଏକ ପତଳା ଅଂଶ ବୋଲି କଳ୍ପନା କରାଯାଇପାରେ । ଚିତ୍ର ନଂ 1.28ରେ *ABC* ଘନଟୋପି (Solid cap)ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ *ABG* ଗୋଲକର ଏକ ଅଂଶ ଏବଂ *ADCE* ଏହି ଟୋପିର ଏକ ବଳୟାକାର ଅଂଶ । ମନେକର ଗୋଲକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $= r$ ଏବଂ $\angle DOB = \theta$ ଓ $\angle AOD = d\theta$

*ADCE*ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $= 2\pi y \, dS$

$$= 2\pi y \, r d\theta$$

$$= 2\pi r \sin\theta \, r d\theta$$

$$= 2\pi r^2 \sin\theta \, d\theta$$

∴ ଟୋପି (Cap) ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ

$$= \int_0^\theta 2\pi r^2 \sin\theta \, d\theta = 2\pi r^2 \int_0^\theta \sin\theta \, d\theta$$

$$= 2\pi r^2 \Big[-\cos\theta\Big]_0^\theta = 2\pi r^2 [1 - \cos\theta]$$

ADCE କବଚଦ୍ୱାରା *O* ବିନ୍ଦୁରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ଘନକୋଣ

$$\Omega = \frac{ABC \text{ ଟୋପିର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ}}{r^2}$$

$$= \frac{2\pi r^2 (1 - \cos\theta)}{r^2} = 2\pi (1 - \cos\theta)$$

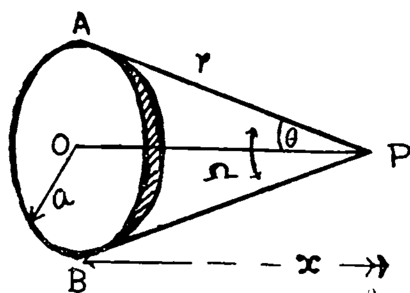
(i) ଅର୍ଦ୍ଧଗୋଲକ (Hemisphere) ପାଇଁ $\theta = 90°$

$$\therefore \Omega = 2\pi$$

(ii) ଗୋଲକ (Sphere) ପାଇଁ $\theta = 180°$

$$\therefore \Omega = 4\pi$$

1·27 ବୃତ୍ତାକାର କବଚର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ (Magnetic potential at a point on the axis of a circular shell) :



(ଚିତ୍ର ନଂ 1·29)

AB ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର (ଚିତ୍ର ନଂ 1·29) ଚୁମ୍ବକୀୟ କବଚ ଓ ତାହାର ଅକ୍ଷରେଖା OP ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ ।

ମନେକର ϕ = କବଚର ପ୍ରାବଲ୍ୟ

θ = P ବିନ୍ଦୁରେ କବଚ ABର ଅର୍ଦ୍ଧଭୂଲମ୍ବ କୋଣ (Semivertical angle)

x = କବଚର କେନ୍ଦ୍ର, ବିନ୍ଦୁ O ଠାରୁ Pର ଦୂରତ୍ୱ

Ω = P ବିନ୍ଦୁରେ କବଚର ସମ୍ମୁଖୀନ ଘନକୋଣ (Solid angle)

ସୁତରାଂ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ $V=\phi\,\Omega$

କିନ୍ତୁ $\Omega = 2\pi\,(1-\cos\theta)$

$$\therefore\ V = 2\pi\,\phi\,(1-\cos\theta)$$

$$= 2\pi\,\phi\,\left(1-\frac{x}{r}\right)$$

$$= 2\pi\,\phi\left[1-\frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}}\right] \qquad \ldots \qquad \ldots (1·38)$$

1.28 ବୃତ୍ତାକାର କବଚର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା (Intensity of magnetic field at a point on the axis due to a circular shell) :

ସମୀକରଣ (1·38) ଅନୁଯାୟୀ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ

$$V = 2\pi\,\phi\left[1-\frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}}\right]$$

$$\therefore\ \text{ତୀବ୍ରତା } F = -\frac{dV}{dx} = -2\pi\,\phi\frac{d}{dx}\left[1-\frac{x}{\sqrt{a^2+x^2}}\right]$$

$$= -2\pi\,\phi\left[-\frac{1}{(a^2+x^2)^{\frac{1}{2}}}+\frac{1}{2}x\frac{2x}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}\right]$$

$$= 2\pi\,\phi\left[\frac{a^2+x^2-x^2}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}\right]=\frac{2\pi\,\phi a^2}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}} \quad \cdots\ \cdots\ (1{\cdot}39)$$

ଅନୁସିଦ୍ଧାନ୍ତ-1 :—ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକ କବଚ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଯେଉଁ ଘନକୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ତାହା କବଚର ପରିଧି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏକ (ପ୍ରାୟ) **ବନ୍ଦ କବଚ** (Nearly closed shell) ତାହାର ଅଭ୍ୟନ୍ତରର କୌଣସି ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଉତ୍ପନ୍ନ କରୁଥିବା ଘନକୋଣ $\Omega \approx 4\pi$; ତେଣୁ ବନ୍ଦ (ପ୍ରାୟ) କବଚର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ

$$V = 4\pi\,\phi \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots\ (1{\cdot}40)$$

ଏହି ବିଭବ ଅଭ୍ୟନ୍ତରର ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁରେ ସମାନ । ସୁତରାଂ ଅଭ୍ୟନ୍ତରର ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁରେ

$$F = -\frac{dV}{dx} = 0 \quad \cdots\ \cdots\ \cdots\ (1{\cdot}41)$$

ସେହିପରି (ପ୍ରାୟ) ବନ୍ଦ କବଚଟି ତାହାର ବାହ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ଖୁବ୍ ସାନ ଘନକୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ଅର୍ଥାତ୍ $\Omega \approx 0$; ସୁତରାଂ ତାହାର ବାହ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ

$$V = \Omega\phi = 0$$

ଅନୁସିଦ୍ଧାନ୍ତ-2 :—ଅର୍ଦ୍ଧଗୋଲକ (Hemispohere) କବଚ ତାହାର କେନ୍ଦ୍ର ବିନ୍ଦୁରେ ଉତ୍ପନ୍ନ କରୁଥିବା ଘନକୋଣ $\Omega = 2\pi$; ତେଣୁ ଅର୍ଦ୍ଧଗୋଲକୀୟ କବଚର କେନ୍ଦ୍ରରେ ବିଭବ

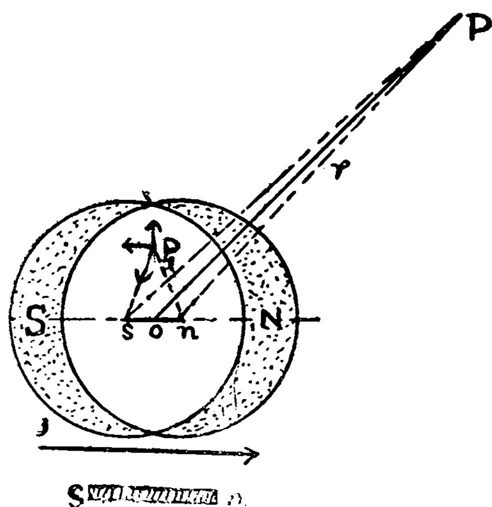
$$V = 2\pi\,\phi \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots\ (1{\cdot}42)$$

ଚୁମ୍ବକ କବଚ ତଥ୍ୟର ଭୂମିକା ଏମ୍ପିୟରଙ୍କ ପରିପଥୀୟ ପ୍ରବାହ ଉପପାଦ୍ୟ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ବଡ଼ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ । କୌଣସି ବନ୍ଦ ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାହା ଏକ ଚୁମ୍ବକ କବଚ ସଦୃଶ ବ୍ୟବହାର କରେ । ଯଦି ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକକବଚର ସୀମା-ରେଖା ଏହି ବନ୍ଦ ପରିପଥର ସୀମାରେଖା ସହିତ ସମାନ ହୁଏ ଓ କବଚର ପ୍ରାବଲ୍ୟ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହିତ ବି : ଚୁ : ଏ : ପ୍ରବାହ ସହିତ ସମାନ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଉଭୟର ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ସମାନ ହେବ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଜ୍ଞାନ ପରିଚ୍ଛେଦରେ ଏହାର ସବିଶେଷ ଆଲୋଚନା କରାହେବ ।

1·29 ସମଭାବରେ ଚୁମ୍ବକିତ ଗୋଲକ ଯୋଗୁ ବିଭବ ଓ ତୀବ୍ରତା (Potential and Field due to a uniformly magnetised sphere) :

(a) ବାହ୍ୟ ବିନ୍ଦୁ Pରେ ବିଭବ (Potential at an external-point P) :—

ଏଠାରେ ABC ଗୋଲକ (ଚିତ୍ର ନଂ 1.30) ତୀର ଚିହ୍ନିତ ଦିଗରେ ଚୁମ୍ବକିତ ହୋଇଥିବାର କଳ୍ପନା କରାଯାଇଛି । ତେଣୁ ଏହାର ଦକ୍ଷିଣପାର୍ଶ୍ବସ୍ଥ ପୃଷ୍ଠତଳ ଉତ୍ତରମେରୁ ଓ ବାମପାର୍ଶ୍ବସ୍ଥ ପୃଷ୍ଠତଳ ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିବ । ଏହି ଗୋଲକଟି ତାହାର ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ଦିଗ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିବା ଅସଂଖ୍ୟ କ୍ଷୁଦ୍ର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦ୍ବିମେରୁ ଦ୍ବାରା ଗଠିତ ହୋଇଥିବାର କଳ୍ପନା କରାଯାଇ ପାରେ । ମନେକର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଦ୍ବିମେରୁର ଦୈର୍ଘ୍ୟ $=2l$ ଓ ମେରୁ ପ୍ରାବଲ୍ୟ $=m$; ସୁତରାଂ ପ୍ରତ୍ୟେକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $=2ml$ । ଏହି ସମସ୍ତ ଦ୍ବିମେରୁର ଉତ୍ତରମେରୁ ଦକ୍ଷିଣ-ପାର୍ଶ୍ବକୁ ଓ ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ବାମ ପାର୍ଶ୍ବକୁ ମୁଖ କରିବ । ଉପରୋକ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଯେହେତୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଦ୍ବିମେରୁର ଉତ୍ତରମେରୁ ତାହାର ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ଠାରୁ $2l$ ଦକ୍ଷିଣକୁ ଅବସ୍ଥିତ ସୁତରାଂ ସମସ୍ତ ଉତ୍ତର-ମେରୁ n ବିନ୍ଦୁକୁ କେନ୍ଦ୍ର କରୁଥିବା ଏକ ଗୋଲକରେ ସମଭାବରେ ବିସ୍ତୃତ ହୋଇଥିବାର ଓ ସମସ୍ତ ଦକ୍ଷିଣମେରୁ n ବିନ୍ଦୁ-ଠାରୁ ବାମକୁ $2l$ ଦୂରତ୍ବରେ ଅବସ୍ଥିତ s ବିନ୍ଦୁକୁ କେନ୍ଦ୍ର କରୁଥିବା ଏକ ଗୋଲକରେ ସମଭାବରେ ବିସ୍ତୃତ ହୋଇଥିବାର କଳ୍ପନା କରାଯାଇ ପାରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 1·30)

ମନେକର ଗୋଲକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $=R$ ଏବଂ ତାହାର ଏକକ ଆୟତନ ପ୍ରତି ଦ୍ବିମେରୁ ସଂଖ୍ୟା $=N$ । ସୁତରାଂ ଦକ୍ଷିଣପାର୍ଶ୍ବକୁ ଅବସ୍ଥିତ ଗୋଲକର ଏକକ ଆୟତନ

ପ୍ରତି ଉତ୍ତରମେରୁତ୍ୱର ପରିମାଣ $= Nm$ ଏବଂ ସମଗ୍ର ଗୋଲକର ଉତ୍ତରମେରୁତ୍ୱର ପରିମାଣ $= \frac{4}{3}\pi R^3 \; Nm$ । ସେହିପରି ବାମପାର୍ଶ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ ସମଗ୍ର ଗୋଲକର ଦକ୍ଷିଣ-ମେରୁତ୍ୱର ପରିମାଣ $= \frac{4}{3}\pi \; R^3 \; Nm.$ ଗୋଲକର ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା $= 2ml\,N$

ବର୍ତ୍ତମାନ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ଏହି n-ମେରୁ ଓ s-ମେରୁ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଲକ ଦ୍ୱୟର ପ୍ରଭାବ ଯାହା ହେବ, ଗୋଲକ ଦ୍ୱୟର ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ସେମାନଙ୍କର କେନ୍ଦ୍ରରେ କେନ୍ଦ୍ରୀଭୂତ ହୋଇଗଲେ ପ୍ରଭାବ ଠିକ୍ ତାହା ହେବ ଅର୍ଥାତ P ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକିତ ଗୋଲକର ପ୍ରଭାବ n ଓ s ବିନ୍ଦୁରେ $(ns = 2l)$ ଅବସ୍ଥିତ $\frac{4}{3}\pi R^3 Nm$ ମେରୁ-ପ୍ରାବଲ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ମେରୁର ପ୍ରଭାବ ସହିତ ସମାନ ।

ମନେକର P ବିନ୍ଦୁ $s\,n$ ର ମଧ୍ୟ ବିନ୍ଦୁ O ଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏବଂ OP ସରଳରେଖା $s\,n$ ର ଦିଗ ସହିତ θ କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ।

ସୁତରାଂ P ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ $V = \frac{4\pi}{3} R^3 \, Nm \left(\frac{1}{nP} - \frac{1}{sP} \right)$

$$= \frac{4\pi}{3} R^3 \; Nm \left[\frac{1}{r - l\cos\theta} - \frac{1}{r + l\cos\theta} \right]$$

$$= \frac{4\pi}{3} R^3 \left[\frac{2m\,lN\,\cos\theta}{r^2 - l^2\cos^2\theta} \right] = \frac{4\pi}{3} R^3 I \frac{\cos\theta}{r^2}$$

$$(\because l\cos\theta << r)$$

$$= \frac{M\cos\theta}{r^2} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots (1.43)$$

(ଏଠାରେ $M = I \times \text{Volume}$ = ଚୁମ୍ବକିତ ଗୋଲକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ)

ପୂର୍ବରୁ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି ଯେ M ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁ (ସମୀକରଣ 1·32) ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ $= \frac{M\cos\theta}{r^2}$ । ସୁତରାଂ ସମଭାବରେ ଚୁମ୍ବକିତ ଗୋଲକ ଯୋଗୁ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ବିଭବ, ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ରରେ ତାହାର ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ଦିଗରେ ଅବସ୍ଥିତ ଓ ଗୋଲକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସହିତ ସାଙ୍ଖ୍ୟିକ ସମାନ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱାରା ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ବିଭବ ସହିତ ସମାନ ହେବ ।

P ବିନ୍ଦୁ ଯଦି ଗୋଲକର ପୃଷ୍ଠତଳ ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ସେଠାରେ $V = \frac{M \cos\theta}{R^2}$

(b) ଗୋଲକର ବାହ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା :—

P ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର (ଅନୁଚ୍ଛେଦ—1.24) ତୀବ୍ରତା Fର ଅରୀୟ ଉପାଂଶ—

$$F_r = -\frac{dV}{dr} = \frac{2M\cos\theta}{r^3}; \left[M = \frac{4\pi}{3}R^3 I\right]$$

ଏବଂ Fର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଉପାଂଶ

$$F_\theta = -\frac{dV}{r d\theta} = \frac{M\sin\theta}{r^3}$$

$\therefore$ P ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା

$$= \frac{M}{r^3}\sqrt{3\cos^2\theta + 1} \quad \cdots \quad \cdots \quad (1.44)$$

(c) ଗୋଲକର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା—

ଗୋଲକର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଅବସ୍ଥିତ P_1 ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସମୟରେ ମନେ ରଖିବାକୁ ହେବ ଯେ ଗୋଲକର ଯେଉଁ ଅଂଶ P_1 ବିନ୍ଦୁର ବାହାରେ ରହିଥାଏ ତାହା n ଓ s ବିନ୍ଦୁକୁ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ପ୍ରଦାନ କରେ ନାହିଁ ଏବଂ P_1 ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ କେବଳ P_1ର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଥିବା nP_1 ଓ sP_1 ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଲକଦ୍ୱାରା ଉପଜାତ ହୋଇଥାଏ ।

n ବିନ୍ଦୁରେ $\frac{4\pi}{3}(nP_1)^3 Nm$ ପ୍ରାବଲ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଉତ୍ତର ମେରୁ କେନ୍ଦ୍ରୀଭୂତ ହୋଇଥିବାର ପରିକଳ୍ପନା କଲେ ତାହାଦ୍ୱାରା P_1 ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ—

$$F_n = \frac{4\pi}{3} \times \frac{(nP_1)^3 Nm}{(nP_1)^2} = \frac{4\pi}{3} Nm\,(nP_1) \; (\overrightarrow{nP_1} \text{ ଦିଗରେ})$$

ସେହିପରି s ଠାରେ ଥିବା ଦକ୍ଷିଣ ମେରୁ ଯୋଗୁ P_1 ବିନ୍ଦୁରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ—

$$F_s = \frac{4\pi}{3} Nm\,(sP_1); \; (\overrightarrow{sP_1} \text{ ଦିଗରେ})$$

ସୁତରାଂ ପରିଣାମୀ ବଳ (ବଳର ତ୍ରିଭୁଜ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ)

$$F=\frac{4\pi}{3}\ Nm\ (ns)(\overrightarrow{ns}\text{ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଦିଗରେ})$$

$$=\frac{4\pi}{3}\ Nm\ 2l$$

$$=\frac{4\pi}{3}\times 1 \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad (1.45)$$

ଏହି ତୀବ୍ରତାର ମାନ ଗୋଲକରେ ସର୍ବତ୍ର ସମାନ ଅଟେ ।

ଉଦାହରଣ (1)—ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର ଚୁମ୍ବକ କବଚର ପ୍ରାବଲ୍ୟ ϕ ଓ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ଅଟେ । ଏହି କବଚର କେନ୍ଦ୍ରରୁ ତାହାର ଅକ୍ଷ ଉପରେ x ଦୂରତ୍ୱରେ M ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକ ଅବସ୍ଥିତ । ଯଦି ଏହି ଚୁମ୍ବକର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ I ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତାହାର ଦୋଳନକାଳ ଓ ତାହା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଯାନ୍ତ୍ରିକ ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ପାଟନା ବିଶ୍ୱବିଦ୍ୟାଳୟ—1963)

ଚୁମ୍ବକ କବଚର ଅକ୍ଷ ଉପରେ x ଦୂରତ୍ୱରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$F=\frac{2\pi r^2\phi}{(r^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

ଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନ କାଳ

$$t=2\pi\sqrt{\frac{I}{MF}}$$

$$=2\pi\sqrt{\frac{I\ (r^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}{M\times 2\pi r^2\phi}}$$

$$=\frac{1}{r}\sqrt{\frac{2\pi\ I\ (r^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}{M\phi}}$$

ଚୁମ୍ବକ କବଚର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $M_1=\phi A=\phi\pi r^2$

ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ

$$F=\left[\frac{6M_1M_2}{x^4}\right]=\frac{6M\ \phi\pi r^2}{x^4}$$

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. କୌଣସି ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକକୁ ଘୂରାଇବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

2. କୌଣସି ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକର ସ୍ଥିତିଜଶକ୍ତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ଓ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଦର୍ଶାଅ ଯେ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର H ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ତାହାର ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରୁ $180°$ ଘୂରାଇବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ $2MH$ । (M = ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ)

3. ଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ଆଣବିକ ତତ୍ତ୍ୱ ଓ ଆଧୁନିକ ପାରମାଣବିକ ତତ୍ତ୍ୱ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ଆଣବିକ ତତ୍ତ୍ୱକୁ ସମର୍ଥନ କରୁଥିବା କେତେଗୋଟି ଘଟଣା ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

4. ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ 2000 ସେ. ଗ୍ରା. ସେ ଏକକ । ଏହି ଚୁମ୍ବକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଦିଗରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଝୁଲୁଥିବାବେଳେ ତାହାକୁ $90°$ ଘୂରାଇବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
($H = 0{\cdot}38$ ଓଏର୍ଷ୍ଟେଡ୍) (ଉତ୍ତର—760 ଅର୍ଗ)

5 କୌଣସି ଚୁମ୍ବକ ଗୋଟିଏ ତନ୍ତୁଦ୍ୱାରା ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଝୁଲୁଥିବାବେଳେ ତନ୍ତୁର ଅମୋଡ଼ ଅବସ୍ଥାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଦିଗରେ ରହେ । ତନ୍ତୁର ଉପର ପ୍ରାନ୍ତକୁ $90°$ ଘୂରାଇଲେ ଚୁମ୍ବକଟି $80°$ ଘୂରେ । ଚୁମ୍ବକଟିକୁ $30°$ ଘୂରାଇବାକୁ ହେଲେ ତନ୍ତୁର ଉପର ପ୍ରାନ୍ତକୁ କେତେ ଡିଗ୍ରୀ ଘୂରାଇବାକୁ ହେବ ?
(ଉତ୍ତର—$64°36'$)

6. M ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁ ତାହାଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଓ ତାହାର ଅକ୍ଷ ସହିତ θ କୋଣରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

7. ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଓ ଚୁମ୍ବକର ଅକ୍ଷ ସହିତ θ କୋଣରେ ଏକ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ଅବସ୍ଥିତ । ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ M ଓ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ M_1 । ପ୍ରମାଣ କର ଯେ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଯୁଗଳର ସର୍ବାଧିକ ମାନ $\frac{MM_1}{r^3}\sqrt{1+3\cos^2\theta}$ ଏବଂ ସନ୍ତୁଳନ ଅବସ୍ଥାରେ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକର ଦିଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

8. ଦୁଇଟି କ୍ଷୁଦ୍ର ଚୁମ୍ବକ ଏପରି ଭାବରେ ସ୍ଥାପିତ ଯେ ଗୋଟିକର ବର୍ଦ୍ଧିତ ଅକ୍ଷ ଅପରଟିର ଅକ୍ଷକୁ ସମକୋଣରେ ସମଦ୍ୱିଖଣ୍ଡ କରେ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱାରା ଅପର ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଯୁଗଳ ଓ ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

9. ଦୁଇଟି କ୍ଷୁଦ୍ର ଚୁମ୍ବକ ପରସ୍ପରଠାରୁ d ଦୂରତ୍ୱରେ ଏକ ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ ସ୍ଥାପିତ ହେଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

10. ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ କଣ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ଗୋଟିଏ ବିନ୍ଦୁମେରୁ (Point pole) ଯୋଗୁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

11. ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ଓ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ବଳ ଓ ବଳର ଦିଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

12. ଚୁମ୍ବକ କବଚ ଓ ତାହାର ପ୍ରାବଲ୍ୟ କଣ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

13. ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର ଚୁମ୍ବକ କବଚର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ ଓ ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

14. ସୁଷମ ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକିତ ଗୋଟିଏ ଗୋଲକ ଯୋଗୁ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଭବ ଓ ତୀବ୍ରତା କେତେ ହେବ ?

15. ସମାନ ପରିମିତ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକର ଗୋଟିଏ ସମକୋଣୀୟ କ୍ରୁଶ (Cross) ଯଦି ତାହାର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଏକ ତନ୍ତୁଦ୍ୱାରା ଝୁଲେ ଓ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଅପରଟିର ଦ୍ୱିଗୁଣ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ସହିତ କେତେ ଡିଗ୍ରୀ କୋଣରେ ସନ୍ତୁଳିତ ଅବସ୍ଥାରେ ରହିବ ?

16. ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ 100 ସେ. ଗ୍ରା. ସେ. ଏକକ । ଏହି ଚୁମ୍ବକର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁରୁ 20 ସେ. ମି. ଦୂରରେ ଓ ତାହାର ଅକ୍ଷ ସହିତ 30° କୋଣରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

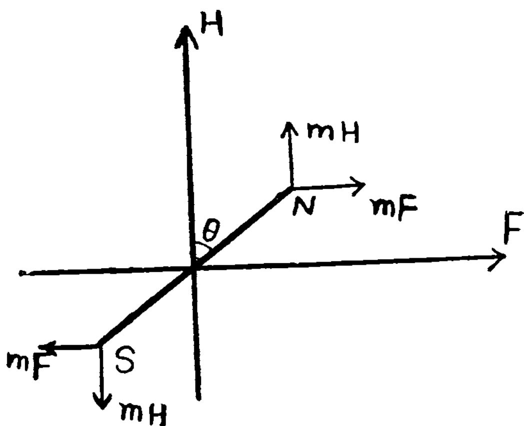
ଦ୍ୱିତୀୟ ପରିଚ୍ଛେଦ

ଚୁମ୍ବକୀୟ ମାପ, ମେଗ୍‌ନେଟୋ ମିଟର

(Magnetic measurements, Magnetometers)

2.1 ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ସମକୋଣରେ ଅବସ୍ଥିତ ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍ ନିୟମ :

H ଓ F ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱୟ (ଚିତ୍ର ନଂ 2·1) ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ସମକୋଣରେ ଅବସ୍ଥିତ ଓ ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ H ସହିତ θ କୋଣରେ NS ଚୁମ୍ବକ ଅଛି । H ଯୋଗୁ ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ନିୟନ୍ତ୍ରକ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= MH \sin\theta$ ଓ ଏହି ଯୁଗଳ (ଚିତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ) ବାମାବର୍ତ୍ତୀ । ସେହିପରି F ଯୋଗୁ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବିକ୍ଷେପକ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= MF \cos\theta$ ଓ ଏହା ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ । ଚୁମ୍ବକଟି ଯଦି ଲମ୍ବ ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନଶୀଳ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଏ ତାହାହେଲେ ତାହା ଏହି ବିପରୀତ ଯୁଗଳର କ୍ରିୟା ଫଳରେ ପରିଶେଷରେ H ସହିତ θ କୋଣରେ ସନ୍ତୁଳିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଅବସ୍ଥାନ କରିବ ଓ ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ଯୁଗଳ ଦ୍ୱୟର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସମାନ ହେବ । ସୁତରାଂ



(ଚିତ୍ର ନଂ 2·1)

$$MF \cos\theta = MH \sin\theta$$

କିମ୍ବା, $F = H \tan\theta$ ....(2·0)

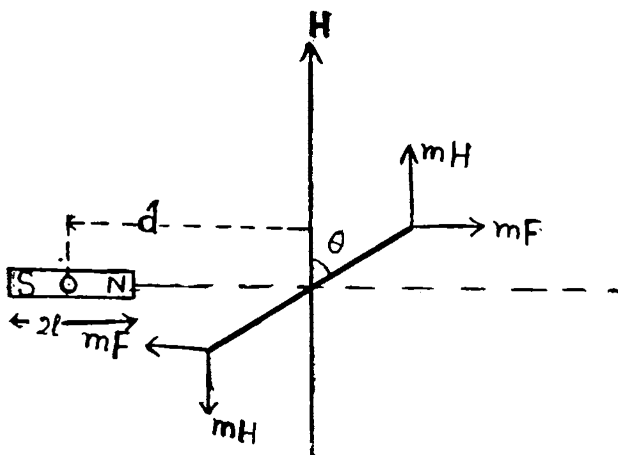
H ଯଦି ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ସଂଯୋଜକ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତାହା ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଓ ତେଣୁ

$$F \propto \tan\theta$$

ଏହାକୁ **"ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍ ନିୟମ"** କୁହାଯାଏ । ଏହି ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ବିକ୍ଷେପ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର (Deflection magnetometer) ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ କିମ୍ବା ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ତୁଳନା କରାଯାଇପାରେ ।

2·2 'ଗସ୍'ଙ୍କ ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍-A ଅବସ୍ଥାନ (Tan-A position of Gauss) :

ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର H ସହିତ ସମକୋଣରେ ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ SN ରଖିଲେ (ଚିତ୍ର ନଂ 2·2) ତାହାର ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ଯେ କୌଣସି O ବିନ୍ଦୁରେ Fର ଦିଗ H ସହିତ ଲମ୍ବ ହେବ । ଏହି O ବିନ୍ଦୁରେ ଅବସ୍ଥିତ ଗୋଟିଏ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ପ୍ରତି ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ବ୍ୟବସ୍ଥାକୁ 'ଗସ୍'ଙ୍କ ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍-A ଅବସ୍ଥାନ କୁହାଯାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ନିୟନ୍ତ୍ରକ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= MH \sin\theta$ ଏବଂ



(ଚିତ୍ର ନଂ 2.2)

ବିକ୍ଷେପକ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= MF\cos\theta$ ସନ୍ତୁଳନ ଅବସ୍ଥାରେ $F = H\tan\theta$ ଚୁମ୍ବକ NSର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁଠାରୁ O ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱ ଯଦି d ହୁଏ ତାହାହେଲେ O ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $F = \frac{2Md}{(d^2 - l^2)^2}$

$$\therefore \quad \frac{M}{H} = \frac{(d^2 - l^2)^2}{2d} \times \tan\theta \qquad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (2{\cdot}2)$$

ଚୁମ୍ବକଟି କ୍ଷୁଦ୍ର ହୋଇଥିଲେ, $d^2 >> l^2$, ସୁତରାଂ

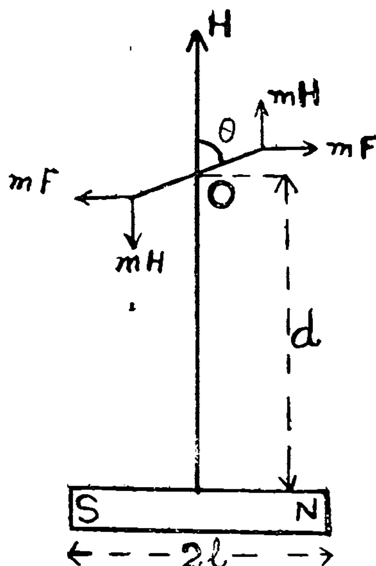
$$\frac{M}{H}=\frac{d^3}{2}\times \tan\theta \quad \ldots \quad \ldots \quad (2\cdot3)$$

2.3 ଗସଙ୍କ ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ-B ଅବସ୍ଥାନ (Tangent-B position of Gauss) :

ଚୁମ୍ବକ NSକୁ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର H ସହିତ ସମକୋଣରେ ସ୍ଥାପନ କଲେ ଚୁମ୍ବକର ପାର୍ଶ୍ୱମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ଅର୍ଥାତ୍ ତାହାର ନିରକ୍ଷରେଖା ଉପରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 2·3) ଯେ କୌଣସି O ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର Fର ଦିଗ H ସହିତ ଲମ୍ବ ହେବ । ବର୍ତ୍ତମାନ Oବିନ୍ଦୁରେ ଗୋଟିଏ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକ ସ୍ଥାପନ କଲେ ତାହା ପ୍ରତି ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇ-ପାରେ । ଏହି ବ୍ୟବସ୍ଥାକୁ ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍-B ଅବସ୍ଥାନ କୁହାଯାଏ । ଏଠାରେ ସୂଚୀ-ଚୁମ୍ବକର ସନ୍ତୁଳନ ଅବସ୍ଥାରେ—

$$F=H\tan\theta$$

ଚୁମ୍ବକ NSର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ ଠାରୁ O ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱ d ହେଲେ O ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା—



(ଚିତ୍ର ନଂ 2.3)

$$F=\frac{M}{(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\therefore \quad \frac{M}{H}=(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}} \tan\theta \quad \ldots\ldots \quad \ldots\ldots \quad \ldots\ldots(2\cdot4)$$

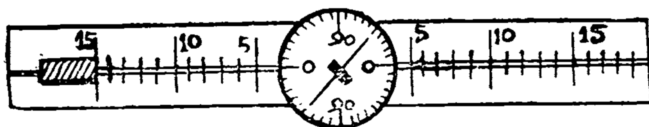
ଚୁମ୍ବକଟି କ୍ଷୁଦ୍ର ହୋଇଥିଲେ, $d^2 >> l^2$, ସୁତରାଂ

$$\frac{M}{H}=d^3\tan\theta \quad \ldots \quad \ldots \quad (2\cdot5)$$

2.4 ବିକ୍ଷେପ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର (Deflection magnetometer) :

ଏହି ଯନ୍ତ୍ର (ଚିତ୍ର ନଂ 2·4) ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ଗୋଲକାର ସ୍କେଲର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଅବସ୍ଥିତ ଗୋଟିଏ ଘୂର୍ଣ୍ଣନଶୀଳ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକଟି ଗୋଟିଏ

ଷ୍ଟିଲ କୀଳକ ଉପରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ଥାଏ । ଏହି ବ୍ୟବସ୍ଥାକୁ ଗୋଟିଏ କାଠ ବାକ୍ସ ଭିତରେ ରଖାଯାଇଥାଏ ଓ ଏହି କାଠ ବାକ୍ସର ଉପରଭାଗରେ ଗୋଟିଏ କାଚ



(ଚିତ୍ର ନଂ 2·4)

ଘୋଡ଼ା ଥାଏ । ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ମଧ୍ୟଭାଗରେ ତାହା ସହିତ ସମକୋଣରେ ଗୋଟିଏ ଏଲୁମିନିୟମ୍ ସୂଚକ ଥାଏ ଓ ଏହି ସୂଚକ ସାହାଯ୍ୟରେ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକର ବିକ୍ଷେପ ନିରୀକ୍ଷଣ କରାଯାଏ । କାଠ ବାକ୍ସଟି କାଚଦ୍ୱାରା ବନ୍ଦ ହୋଇଥିବାରୁ ବାହ୍ୟ ବାୟୁପ୍ରବାହ ଦ୍ୱାରା ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକଟି ଆନ୍ଦୋଳିତ ହୁଏ ନାହିଁ । ସ୍କେଲ ଉପରେ ସୂଚକର ଅବସ୍ଥାନ ବିନା ଲମ୍ବନରେ (Without rarallax) ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରିବା ପାଇଁ ସ୍କେଲ ତଳେ ଗୋଟିଏ ଦର୍ପଣ ଥାଏ । ଏହି ଚୁମ୍ବକ ବାକ୍ସକୁ ଗୋଟିଏ ଦୀର୍ଘ କାଠ ପଟାର ମଧ୍ୟ ଭାଗରେ ରଖା-ଯାଇଥାଏ ଓ ବାକ୍ସର ଦୁଇପାର୍ଶ୍ୱରେ କାଠ ପଟାର ଅଂଶକୁ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର୍‌ର 'ବାହୁ' (Arm) କୁହାଯାଏ । ଏହି ବାହୁଦ୍ୱୟ ଉପରେ ଦୁଇଟି ମିଟର ସ୍କେଲ ଥାଏ । ଯନ୍ତ୍ରର ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲ ଚୁତୁର୍ଥପାଦରେ (Cuadrant) ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଓ ପ୍ରତିପାଦରେ $0° - 90°$ କୋଣ ଥାଏ ।

ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ନିମ୍ନଲିଖିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମାପ କାର୍ଯ୍ୟରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

(i) ଚୁମ୍ବକର $\frac{M}{H}$ ନିର୍ଣ୍ଣୟ (ii) ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ତୁଳନା (iii) ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତାର ତୁଳନା ଓ (iv) ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମର (Inverse square law) ପ୍ରତିପାଦନ ।

2.5 ବିକ୍ଷେପ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ତୁଳନା :

(a) **ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍-A ଅବସ୍ଥାନ :—(i) ବିକ୍ଷେପରୀତି**—ଏହି ଅବସ୍ଥାନ ପାଇଁ ବିକ୍ଷେପ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର୍‌ର ବାହୁକୁ ପୂର୍ବ-ପଶ୍ଚିମ ଦିଗରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ଓ ଚୁମ୍ବକକୁ କୌଣସି ଏକ ବାହୁ ଉପରେ ପୂର୍ବ-ପଶ୍ଚିମ ଦିଗରେ ରଖାଯାଏ । ବାହୁ ଉପରେ ଚୁମ୍ବକ ନଥିବା ବେଳେ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉତ୍ତର ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗରେ ରହିଥାଏ । ଯେଉଁ ଦୁଇ ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ତୁଳନା କରିବାକୁ ହେବ ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ

ପ୍ରଥମେ ଯନ୍ତ୍ରର କୌଣସି ଏକ ବାହୁ ଉପରେ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକଠାରୁ d ଦୂରତ୍ୱରେ ରଖାଯାଏ ଓ ତାହାପାଇଁ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକର ବିକ୍ଷେପ θ_1 ମାପ କରାଯାଏ । ଏହି ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଯଦି M_1 ହୁଏ ତାହାହେଲେ —

$$\frac{M}{H}=\frac{d^3}{3}\tan\theta_1$$

ପ୍ରଥମ ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରି ସେହି ସ୍ଥାନରେ ଦ୍ୱିତୀୟ ଚୁମ୍ବକଟିକୁ (ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $=M_2$) ରଖାଯାଏ ଓ ଏହାପାଇଁ ଯଦି ବିକ୍ଷେପ θ_2 ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$\frac{M_2}{H}=\frac{d^3}{2}\tan\theta_2$$

ଉପରୋକ୍ତ ଦୁଇ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\frac{M_1}{M_2}=\frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2}\qquad\cdots\qquad\cdots\qquad\cdots\ (2\cdot6)$$

(ii) ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ରୀତି :—ଏହି ରୀତି ପାଇଁ ଉପରୋକ୍ତ ଅବସ୍ଥାନରେ ପ୍ରଥମ ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ଯନ୍ତ୍ରର ଗୋଟିଏ ବାହୁ ଉପରେ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକଠାରୁ d_1 ଦୂରତ୍ୱରେ ପ୍ରଥମେ ରଖାଯାଏ ଓ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ବିକ୍ଷେପ ନିରୀକ୍ଷଣ କରାଯାଏ । ଏହାପରେ ଦ୍ୱିତୀୟ ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ଯନ୍ତ୍ରର ଅପର ବାହୁ ଉପରେ ଏପରି ଭାବରେ d_2 ଦୂରତ୍ୱରେ ରଖାଯାଏ ଯେପରି ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକ ତାହାର ଶୂନ୍ୟ ଅବସ୍ଥାନ (Zero-Position)କୁ ଫେରିଆସେ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିକ୍ଷେପ θ ସମାନ ହୋଇଥିବାରୁ

$$\frac{M_1}{M_2}=\frac{d_1^3\tan\theta}{d_2^3\tan\theta}=\frac{d_1^3}{d_2^3}\qquad\cdots\qquad\cdots\qquad\cdots\ (2\cdot7)$$

ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ 'ଗସ୍'ଙ୍କ ଟାନଜେଣ୍ଟ-B ଅବସ୍ଥାନରେ ମଧ୍ୟ ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱୟର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ତୁଳନା (ବିକ୍ଷେପରୀତି ବା ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପରୀତି ଦ୍ୱାରା) କରାଯାଇପାରେ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟରର ବାହୁକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉତ୍ତର-ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ଓ ତାହାର କୌଣସି ବାହୁ ଉପରେ ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ପୂର୍ବ-ପଶ୍ଚିମ ଦିଗରେ ସମମିତଭାବରେ (Symmetrically) ରଖାଯାଏ । ଏଠାରେ ସମୀକରଣ (2.5)ର ସାହାଯ୍ୟ ନିଆଯାଏ ।

2.6 ବିକ୍ଷେପ ମାଗନେଟୋମିଟର୍‌ରେ θର ମାନ ଭୁଲ ହେବାର କାରଣ ଓ ତାହାର ପ୍ରତିକାର :

(i) ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକ ଯେଉଁ ବିବର୍ତ୍ତିନ କୀଳା ଉପରେ ଥାଏ ତାହା ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲର ଠିକ୍ କେନ୍ଦ୍ରରେ ରହି ନ ଥିଲେ କିମ୍ବା ଏଲୁମିନିୟମ୍ ସୂଚକଟି ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ଠିକ୍ ମଧ୍ୟଭାଗରେ ଓ ତାହା ସହିତ ଠିକ୍ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ରହି ନ ଥିଲେ θର ମାନ ଭୁଲ ହୁଏ ଓ ଏହି ଭୁଲ ଦୂର କରିବା ପାଇଁ ଏଲୁମିନିୟମ୍ ସୂଚକର ଉଭୟ ପ୍ରାନ୍ତରେ θର ମାନ ମାପ କରାଯାଏ ।

(ii) ବିକ୍ଷେପକାରୀ ଚୁମ୍ବକଟି ସମମିତତଃ ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକିତ ହୋଇ ନଥିଲେ ବିକ୍ଷେପ θର ମାନ ଭୁଲ ହୁଏ ଓ ତାହା ହ୍ରାସ କରିବା ପାଇଁ ଚୁମ୍ବକର ଯେ କୌଣସି ମେରୁକୁ ପ୍ରଥମେ ପୂର୍ବ ଓ ପରେ ପଶ୍ଚିମ ଦିଗକୁ ରଖି θ ମାପ କରାଯାଏ ।

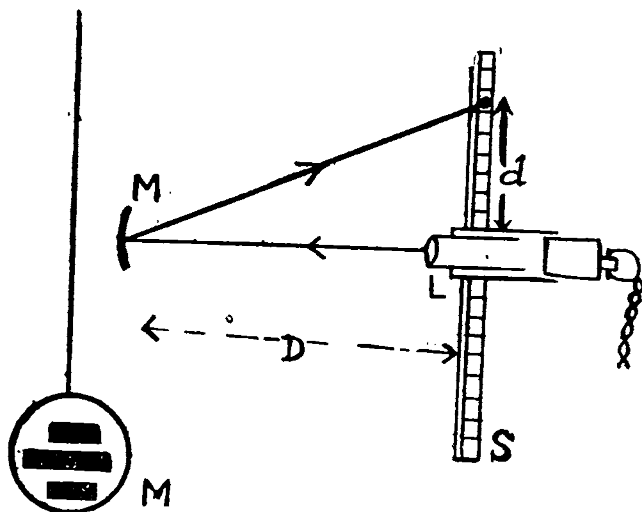
(iii) ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକରେ ବିବର୍ତ୍ତିନ କୀଳକ ବାହୁ ଉପରେ ଥିବା ମିଟର୍ ସ୍କେଲର ଶୂନ୍ୟ ଦାଗ ଉପରେ ରହି ନ ଥିଲେ θ ଭୁଲ ହୁଏ ଓ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ଉଭୟ ବାହୁ ଉପରେ ସମାନ ଦୂରତ୍ବରେ ରଖି θର ମାନ ପୂର୍ବପର ମାପ କରାଯାଏ ।

ଏହିପରି ସତର୍କତା ଅବଲମ୍ବନ କରି θର ମାନ 8 ଥର ନିରୀକ୍ଷଣ କରାଯାଏ ଓ ତାହାର ମାଧ୍ୟମାନ (Mean value) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

2·7 ପ୍ରତିଫଳନ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର (Reflection magnetometer) :

ବିକ୍ଷେପ ମାଗନେଟୋମିଟର୍‌ରେ θ ମାପ କରିବା ସମୟରେ ଲମ୍ବନ ଜନିତ ଭୁଲ ଏଡ଼ାଇବା ପାଇଁ ଏଲୁମିନିୟମ୍ ସୂଚକକୁ ଉପରୁ ଭୂଲମ୍ବ ଦିଗରେ ନିରୀକ୍ଷଣ କରାଯାଏ ଏବଂ ଯେତେବେଳେ ସୂଚକ ଓ ନିମ୍ନରେ ଥିବା ଦର୍ପଣରେ ତାହାର ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସମ୍ପାତ ହୁଏ ସେତେବେଳେ ସ୍କେଲ ଉପରେ ସୂଚକର ଅବସ୍ଥାନରୁ θ ଜାଣିହୁଏ । ଏହିପରି ସତର୍କତା ସହିତ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କଲେ ମଧ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ θର ମାପ ସଠିକ ହୁଏନାହିଁ କାରଣ ସୂଚକର ବେଧ (Thickness) ସ୍କେଲର ଏକ ଡିଗ୍ରୀ ଭାଗର ଏକ ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟ ଅଂଶ । ଏହି ଅସୁବିଧା ଦୂର କରିବା ପାଇଁ ଯଦି ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲକୁ ବଡ଼ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ସୂଚକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଅଧିକ କରିବାକୁ ହେବ ଓ ଏହା ଫଳରେ ସୂଚକର ଓଜନ ଅଧିକ ହେବ । ସେଥିପାଇଁ ସୂଚକର ଆଧୃତିଟିକୁ (Support) ମଜଭୁତ କରିବାକୁ ହେବ କିନ୍ତୁ ଏହା ଫଳରେ ଯନ୍ତ୍ର ତାହାର ସୁଗ୍ରାହିତା ହରାଏ । ସୁତରାଂ ଯନ୍ତ୍ରଟି ସୁଗ୍ରାହୀ ହେବାପାଇଁ ଏକ ଓଜନ ବିହୀନ ସୁଦୀର୍ଘ ସୂଚକ ଆବଶ୍ୟକ । ଆଲୋକରଶ୍ମି ଦ୍ୱାରା ଏହିପରି ସୂଚକର କାର୍ଯ୍ୟ ସମ୍ପାଦିତ ହୋଇପାରେ ।

ପ୍ରତିଫଳନ ମାଗନେଟୋମିଟର୍‌ରେ ଆଲୋକରଶ୍ମି ଦ୍ୱାରା ବିକ୍ଷେପ ମାପ କରାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ଗୋଟିଏ ଅବତଳ ଦର୍ପଣର (ଚିତ୍ର ନଂ 2·5) ପଛପଟେ ଲାଗିଥିବା କେତେଗଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକିତ ଘଣ୍ଟା ସ୍ପ୍ରିଂ ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଦର୍ପଣଟି ରେଶମ ବା କ୍ୱାର୍ଜ ତନ୍ତୁଦ୍ୱାରା ଝୁଲା ହୋଇଥାଏ । ଗୋଟିଏ ଲ୍ୟାମ୍ପ ଓ ସ୍କେଲ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଲ୍ୟାମ୍ପ Lରୁ ଆସୁଥିବା ଆଲୋକରଶ୍ମି ଏହି ଅବତଳ ଦର୍ପଣରେ ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ଭୂସମାନ୍ତର ସ୍କେଲ S ଉପରେ ପତିତ ହୁଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 2·5)

ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ଘଣ୍ଟା ସ୍ପ୍ରିଂଠାରୁ କିଛି ଦୂରରେ ଏକ ସମତଳରେ ସ୍ଥାପନ କଲେ ଘଣ୍ଟା ସ୍ପ୍ରିଂର ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ ଓ ଫଳରେ ଅବତଳ ଦର୍ପଣଟି ଘୂରିଯାଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିଫଳିତ ଆଲୋକରଶ୍ମିର ଦିଗ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଯାଏ । ଏହି ବ୍ୟବସ୍ଥାଦ୍ୱାରା ମାଗନେଟୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ ସଠିକ ଭାବରେ ମାପ କରାଯାଇପାରେ ।

ମନେକର θ = ବିକ୍ଷେପ

d = ସ୍କେଲ ଉପରେ ଆଲୋକ ଚିହ୍ନର ବିସ୍ଥାପନ

D = ସ୍କେଲଠାରୁ ଦର୍ପଣର ଦୂରତ୍ୱ

ତାହାହେଲେ ଚିତ୍ରରୁ $\tan 2\theta = \frac{d}{D}$

କିମ୍ବା $2\theta = \frac{d}{D}$

କିମ୍ବା $\theta = \frac{d}{2D}$

ବିକ୍ଷେପ ମାପ କରିବା ପାଇଁ ସମୟ ସମୟରେ ଲ୍ୟାମ୍ପ ଓ ସ୍କେଲ୍ ବ୍ୟବସ୍ଥା ପରିବର୍ତ୍ତେ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ର ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅବତଳ ଦର୍ପଣ ପରିବର୍ତ୍ତେ ସମତଳ ଦର୍ପଣ

ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ଓ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ଦର୍ପଣରେ ସ୍କେଲର ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଉପରେ ଫୋକସ୍ (Focus) କରାଯାଏ । ଏଠାରେ ସ୍କେଲର ପ୍ରତିବିମ୍ବ ଉପରେ ନେତ୍ରିକା (Eye piece) ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ତାରର (Cross-wire) ଅବସ୍ଥିତିରୁ ବିକ୍ଷେପ ମାପ କରାଯାଏ ।

2·8 ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନ (Vibration of a magnet in a magnetic field) :

କୌଣସି ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର H ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକକୁ ତାହାର ମଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ରରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଝୁଲାଇଲେ ତାହା ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମାନ୍ତରାଳ ଭାବରେ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ରହେ । ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ତାହାର ଏହି ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରୁ ସାମାନ୍ୟ କୌଣିକ ବିସ୍ଥାପନ କଲେ ଏହା ଉପରେ ଗୋଟିଏ ସଂସ୍ଥାପକ ଯୁଗଳ (Restoring couple) କ୍ରିୟା କରେ । ମନେକର ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $=M$ ଏବଂ କୌଣିକ ବିସ୍ଥାପନ $=\theta$; ତେଣୁ ସଂସ୍ଥାପକ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $=MH\sin\theta$ ଏହି ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ତାହାର ପୂର୍ବ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ସ୍ଥାପନ କରିବାକୁ ପ୍ରବୃତ୍ତ ହୁଏ ।

ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ଚୁମ୍ବକଟିର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଯୋଗୁ ତାହା ଉପରେ ଗୋଟିଏ ବିକ୍ଷେପକ ଯୁଗଳ (Deflecting couple) ମଧ୍ୟ କ୍ରିୟା କରେ । ମନେକର ଚୁମ୍ବକର କୌଣିକ ତ୍ୱରଣ (Angular acceleration) $=\dfrac{d^2\theta}{dt^2}$ ଓ ତାହାର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (Moment of Inertia) $=I$; ତେଣୁ ବିକ୍ଷେପକ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ

$$=I\frac{d^2\theta}{dt^2} \text{ ।}$$

ଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନ କାଳରେ ଯେ କୌଣସି ଅବସ୍ଥାନରେ ଏହି ଯୁଗଳ ଦ୍ୱୟର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ପରସ୍ପର ସହିତ ସମାନ ଓ ବିପରୀତମୁଖୀ ।

$$\therefore\ I\frac{d^2\theta}{dt^2}=-MH\sin\theta$$

[ଏଠାରେ ଘର୍ଷଣ ପ୍ରଭୃତି ବଳର ପ୍ରଭାବକୁ ନଗଣ୍ୟ ଧରାଯାଇଛି]

$$\text{କିମ୍ବା } I\frac{d^2\theta}{dt^2}=-MH\,\theta, \ (\theta \text{ ସାନ ହେଲେ})$$

$$\text{କିମ୍ବା } \frac{d^2\theta}{dt^2}=-\frac{MH}{I}\times\theta=-K^2\theta$$

$$\left[\text{ଏଠାରେ } K=\sqrt{\frac{MH}{I}}\right]$$

କିମ୍ବା $\frac{d^2\theta}{dt^2} + K^2\theta = 0$ .... (2·8)

ମନେକର ଏହି ସମୀକରଣର ସମାଧାନ $\theta = Ae^{vt}$

$\therefore \frac{d\theta}{dt} = Ave^{vt}$ ଏବଂ $\frac{d^2\theta}{dt^2} = Av^2e^{vt}$

$\frac{d^2\theta}{dt^2}$ର ଉପରୋକ୍ତ ମାନ ସମୀକରଣ (2·8)ରେ ସ୍ଥାପନ କର

$$Av^2e^{vt} + K^2Ae^{vt} = 0$$
$$v^2 + K^2 = 0$$
$$\therefore v = \pm\sqrt{-1}\,k = \pm jk \; ; \; (\sqrt{-1} = j)$$

ସୁତରାଂ ସମୀକରଣ (2·8)ର ସାଧାରଣ ସମାଧାନ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଭାବରେ ଲେଖାଯାଇପାରେ—

$$\theta = A_1e^{jkt} + A_2e^{-jkt}$$

ଏଠାରେ A_1 ଓ A_2 ଦୁଇଟି ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଓ ସେମାନଙ୍କର ମାନ ଆଲୋଚ୍ୟ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ପରିସୀମା ଅବସ୍ଥାରୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଯଦି ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ଠିକ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବାବେଳେ ସମୟ ମାପ ଆରମ୍ଭ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ

$\theta = 0$ ଯେତେବେଳେ $t = 0$

$\therefore A_1 + A_2 = 0$ ବା $A_1 = -A_2$

$$\theta = A_1\left[e^{jkt} - e^{-jkt}\right]$$

କୋଣୀୟ ପରିବେଗ

$$\frac{d\theta}{at} = jk\,A_1\left[e^{jkt} + e^{-jkt}\right]$$

ମନେକର $\frac{d\theta}{dt} = \omega$ ଯେତେବେଳେ $t = 0$

$\therefore \omega = 2\,jk\,A_1,$

ସୁତରାଂ $A_1 = \frac{\omega}{2\,jk}$

$$\therefore\ \theta = \frac{\omega}{k}\left[\frac{e^{jkt} + e^{-jkt}}{2j}\right] = \frac{\omega}{k}\sin kt$$

$$= \theta_0 \sin kt \quad \cdots \quad (2{\cdot}9)$$

ସୁତରାଂ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକର ଗତି ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ (Simple Harmonic) ଅଟେ ।

ପୁନଶ୍ଚ $\theta = \theta_0 \sin kt = \theta_0 \sin (kt + 2\pi)$

$$= \theta_0 \sin k\left(t + \frac{2\pi}{k}\right)$$

ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ

$\frac{2\pi}{k}$ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ ଚୁମ୍ବକର ଗତିର ପୁନରାବୃତ୍ତି ହୁଏ ।

ସୁତରାଂ ଚୁମ୍ବକର ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳ

$$T = \frac{2\pi}{K} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}}$$

[ଏଠାରେ ଝୁଲାଇବା ତନ୍ତୁର ମୋଡ଼ନ (torsion) ଗଣା ଧରାଯାଇଛି]

ଯଦି ଝୁଲାଇବା ତନ୍ତୁର ମୋଡ଼ନ ଥାଏ ଓ ଏକକ ମୋଡ଼ (unit twist) ପାଇଁ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ C ହୁଏ ତାହାହେଲେ θ ମୋଡ଼ ପାଇଁ ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ଅତିରିକ୍ତ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $C\theta$ ହେବ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ—

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} + (MH + C)\theta = 0$$

$$\text{ଓ } T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH + C}}$$

ଚୁମ୍ବକର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (I) ତାହାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ ବିମିତିରୁ (Dimension) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ଗୋଟିଏ ଆୟତାକାର ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ତାହାର ଅକ୍ଷ ସହିତ ସମକୋଣରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଇଥିବା ଅକ୍ଷ ଚାରିଆଡ଼େ ଦୋଳାୟମାନ ହେଲେ ତାହାର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ

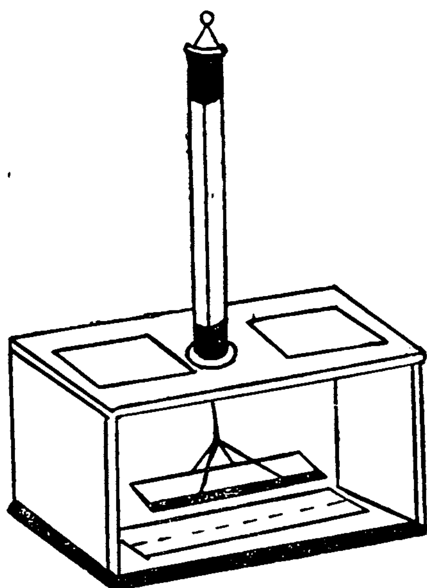
$$= m\left(\frac{l^2 + b^2}{12}\right);$$

[ଏଠାରେ l = ଦୈର୍ଘ୍ୟ, b = ପ୍ରସ୍ଥ ଓ m = ବସ୍ତୁତ୍ୱ]

ହେତୁ I ଓ T ଜଣାଥିଲେ MH, $\frac{M_1}{M_2}$ ଓ $\frac{H_1}{H_2}$ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳ T ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାପାଇଁ ଦୋଳନ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର୍‌ର ସାହାଯ୍ୟ ନିଆଯାଏ ।

2·9 ଦୋଳନ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର (Oscillation magnetometer) :

ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 2·6) ଗୋଟିଏ ଗ୍ଲେଟ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକକୁ ଏକ ଅଚୁମ୍ବକାସ୍ଥ ଲଟକଣ (Stirrup) ମଧ୍ୟରେ ରଖି ଲଟକଣଟିକୁ ଗୋଟିଏ ଅପାକଲ (Unspun) ରେଶମ ସୂତାଦ୍ୱାରା ଝୁଲାଇ ଦିଆଯାଇଥାଏ । ବାହ୍ୟ ବାୟୁ ପ୍ରବାହ ଦ୍ୱାରା ଆନ୍ଦୋଳନ ନ ହେବାପାଇଁ ଏହି ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିକୁ ଗୋଟିଏ କାଚ ଝରକା ଥିବା କାଠ ବାକ୍ସ ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଏହି କାଠ ବାକ୍ସ ଉପରେ ତାହାର ମଧ୍ୟଭାଗରେ ଗୋଟିଏ ଭୂଲମ୍ବ ଓ ସରୁ ପିତ୍ତଳ ନଳ ଥାଏ ଓ ଏହି ନଳର ଉପର ଭାଗରେ ଥିବା ମୋଡ଼ନ ମୁଣ୍ଡ (Torsion head)ରୁ ରେଶମ ସୂତାଟି ନଳର ଅନ୍ଧଦେଇ ବାକ୍ସ ଭିତରକୁ ଆସିଥାଏ । ରେଶମ ସୂତାର ନିମ୍ନଭାଗରେ ଲଟକଣଟି ଚୁମ୍ବକ ସହ ଝୁଲୁଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 2·6)

ପ୍ରଥମେ ବାକ୍ସକୁ ତାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦଗରେ ଚୁମ୍ବକାସ୍ଥ ମଧ୍ୟରେଖା ସହିତ ସମାନ୍ତର କରି ରଖାଯାଏ । ଚୁମ୍ବକକୁ ଲଟକଣ ମଧ୍ୟରେ ରଖିବା ପୂର୍ବରୁ ରେଶମ ତନ୍ତୁର ଯେପରି ମୋଡ଼ନ ନ ରହେ ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦେବାକୁ ହୁଏ । ଏହି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ଲଟକଣ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକର ସମାନ ବସ୍ତୁତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଅଚୁମ୍ବକାସ୍ଥ ଧାତବ ପଦାର୍ଥର ଦଣ୍ଡ ଝୁଲାଇ ଦିଆଯାଏ ଓ ତାହା ଯେପରି ଚୁମ୍ବକାସ୍ଥ ମଧ୍ୟରେଖା ଦଗରେ ରହେ ତାହା ଦେଖିବାକୁ ହୁଏ । ଏହାପରେ ଅଚୁମ୍ବକାସ୍ଥ ଦଣ୍ଡକୁ ବାହାର କରିନେଇ ତାହା ସ୍ଥାନରେ ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ରଖାଯାଏ ଓ ଅନ୍ୟ ଏକ ଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱାରା ଝୁଲନ୍ତ ଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନ ଆରମ୍ଭ କରାଯାଏ । ଚୁମ୍ବକର ଆବର୍ତ୍ତ କାଳ ଗୋଟିଏ ବିରାମ ଘଡ଼ି ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

ଦୋଳନ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ :

(a) ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ତୁଳନା :

ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ତୁଳନା କରିବା ପାଇଁ ଉଭୟ ଚୁମ୍ବକକୁ ପୃଥକ ଭାବରେ ଝୁଲାଇ ସେମାନଙ୍କର ଆବର୍ତ୍ତିକାଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ମନେକର ପ୍ରଥମ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଯଥାକ୍ରମେ M_1 ଓ M_2, ଆବର୍ତ୍ତିକାଳ ଯଥାକ୍ରମେ T_1 ଓ T_2 ଏବଂ ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଯଥାକ୍ରମେ I_1 ଓ I_2 ।

ସମୀକରଣ (2·09) ଅନୁଯାୟୀ

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{I_1}{M_1H}}, \quad T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{I_2}{M_2H}}$$

$$\therefore \; M_1H = \frac{4\pi^2 I_1}{T_1^2}, \quad M_2H = \frac{4\pi^2 I_2}{T_2^2}$$

$$\therefore \; \frac{M_1}{M_2} = \frac{I_1}{I_2} \times \frac{T_2^2}{T_1^2} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (2{\cdot}10)$$

ଉପରୋକ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱୟର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ, କିନ୍ତୁ ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ ନ କରି ନିମ୍ନଲିଖିତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ତୁଳନା କରାଯାଇପାରେ ।

ପ୍ରଥମେ ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱୟର ସମମେରୁ ପାଖାପାଖି ରଖି ଉଭୟକୁ ଏକତ୍ର କରାଯାଏ ଓ ସମବାୟର ଆବର୍ତ୍ତିକାଳ T_1 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ପରେ ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱୟର ବିପରୀତ ମେରୁ ପାଖାପାଖି ରଖି ଉଭୟ ଚୁମ୍ବକକୁ ଏକତ୍ର କରାଯାଏ ଓ ସମବାୟର ଆବର୍ତ୍ତିକାଳ T_2 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

$$\text{ଏଠାରେ, } T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{I_1+I_2}{(M_1+M_2)\,H}},$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{I_1+I_2}{(M_1\sim M_2)\,H}}$$

$$\therefore \; \frac{M_1}{M_2} = \frac{T_2^2+T_1^2}{T_2^2\sim T_1^2} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (2{\cdot}11)$$

(b) ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତାର ତୁଳନା :

ଦୋଳନ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିମ୍ନଲିଖିତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତୁଳନା କରାଯାଇପାରେ । ପ୍ରଥମେ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ

ଦୋଳନ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର୍‌ର ଆବର୍ତ୍ତକାଳ T ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ତାହାପରେ ପ୍ରଥମ ଚୁମ୍ବକକୁ ଦୋଳନ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର୍‌ର ଚୁମ୍ବକର ସମାନ ଉଚ୍ଚତାରେ ମଧ୍ୟରେଖା ଢଙ୍ଗରେ ଏପରି ଭାବରେ ରଖାଯାଏ ଯେପରି ଏହାର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଓ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉଭୟ ଏକାଭିମୁଖୀ ହେବେ । ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର୍ ଚୁମ୍ବକର ଆବର୍ତ୍ତକାଳ T_1 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ମନେକର ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର ଚୁମ୍ବକର ମଧ୍ୟ-ବିନ୍ଦୁରେ ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $= F_1$ ।

$$\therefore\ T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{I}{M(F_1+H)}} \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

ଠିକ୍ ସେହିପରି ଦ୍ୱିତୀୟ ଚୁମ୍ବକକୁ ରଖାଯାଏ ଏବଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଯଦି ଚୁମ୍ବକ-କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା F_2 ଓ ଆବର୍ତ୍ତକାଳ T_2 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{I}{M(F_2+H)}} \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଆବର୍ତ୍ତକାଳ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}} \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(iii)}$$

$$\therefore\ H = \frac{4\pi^2 I}{M} \times \frac{1}{T^2} = \frac{k}{T^2} = kn^2$$

[ଏଠାରେ n = ଏକକ ସମୟରେ H କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦୋଳନ ସଂଖ୍ୟା]

ସମୀକରଣ (i) ଓ (ii)ରୁ,

$$F_1 + H = \frac{4\pi^2 I}{M} \times \frac{1}{T_1^2} = kn_1^2$$

$$F_2 + H = \frac{4\pi^2 I}{M} \times \frac{1}{T_2^2} = kn_2^2$$

(n_1 ଓ n_2 ଯଥାକ୍ରମେ (F_1+H) ଓ (F_2+H) କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକକ ସମୟରେ ଦୋଳନ ସଂଖ୍ୟା)

$$\therefore\ \frac{F_1}{F_2} = \frac{n_1^2 - n^2}{n_2^2 - n^2} \quad \cdots \quad \cdots \quad (2{\cdot}12)$$

(c) M ଓ Hର ପରମମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

M ଓ Hର ପରମମାନ (Absolute value) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାପାଇଁ ପ୍ରଥମେ ଦୋଳନ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଦତ୍ତ ଚୁମ୍ବକର ଆବର୍ତ୍ତ କାଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଓ ସେଥିରୁ MHର ମାନ ଜାଣିହୁଏ ।

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}} \quad \text{କିମ୍ବା} \quad MH = \frac{4\pi^2 I}{T^2} \qquad \cdots \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

ତାହାପରେ ବିକ୍ଷେପ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ $\frac{M}{H}$ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

ଏଠାରେ ଦତ୍ତଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁ ଯଦି ବିକ୍ଷେପ θ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ

$$\frac{M}{H} = \frac{(d^2 - l^2)^2}{2d} \times \tan\theta \qquad \cdots\cdot \quad \cdots\cdot \quad \text{(v)}$$

ସମୀକରଣ (iv) ଓ (v) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$M^2 = \frac{4\pi^2 I}{T^2} \times \frac{(d^2 - l^2)^2}{2d} \times \tan\theta \qquad \cdots \quad \cdots \quad (2.13)$$

$$H^2 = \frac{4\pi^2 I}{T^2} \times \frac{2d}{(d^2 - l^2)^2} \times \frac{1}{\tan\theta} \qquad \cdots \quad \cdots \quad (2.14)$$

2.10 ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମର ସତ୍ୟାପନ

(a) ବିକ୍ଷେପ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ—

ଅନୁଚ୍ଛେଦ 1.18 ଅନୁଯାୟୀ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକର ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$F = \frac{2Md}{(d^2 - l^2)^2}$$

ଏବଂ ପାର୍ଶ୍ୱମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ତାହାର ତୀବ୍ରତା

$$F = \frac{M}{(d^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}}$$

ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମକୁ ଭିତ୍ତିକରି ଉପରୋକ୍ତ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିଦ୍ୱୟ ନିର୍ଗମନ କରାଯାଇଛି । ଏହି ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ସାହାଯ୍ୟରେ ବିକ୍ଷେପ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର୍ର ଟାନଜେଣ୍ଟ – A ଓ ଟାନଜେଣ୍ଟ – B ଅବସ୍ଥାନରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସମୀକରଣ ମିଳେ ।

ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ-A ଅବସ୍ଥାନ—$\frac{M}{H}=\frac{(d^2-l^2)^2}{2d}\times\tan\theta$ ··· ··· (i)

ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ-B ଅବସ୍ଥାନ—$\frac{M}{H}=(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}\tan\theta$ ··· ··· (ii)

ସୁତରାଂ ଏହି ଉଭୟ ସମୀକରଣ ମଧ୍ୟ ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମର ସତ୍ୟତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ବର୍ତ୍ତମାନ ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ dର ବିଭିନ୍ନ ମାନ ପାଇଁ θ ମାପ କରି ପ୍ରମାଣ କରାଯାଇପାରେ ଯେ $\frac{M}{H}$ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ । ସୁତରାଂ ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମ ସତ୍ୟ ଅଟେ ।

(b) **'ଗସ୍'ଙ୍କ ରୀତି** :—ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $F_1=\frac{2Md}{(d^2-l^2)^2}$ ଏବଂ ସେହି ଚୁମ୍ବକର ପାର୍ଶ୍ୱମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ସମାନ ଦୂରତ୍ୱରେ ତୀବ୍ରତା $F_2=\frac{M}{(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}}$ । ଉପରୋକ୍ତ ଉଭୟ ସମୀକରଣ 'ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମ'ର ସତ୍ୟତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ପୁନଶ୍ଚ ବିକ୍ଷେପ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର୍‌ର ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $F_1=H\tan\theta_1$ ଏବଂ ପାର୍ଶ୍ୱମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ତୀବ୍ରତା $F_2=H\tan\theta_2$ ।

ସୁତରାଂ $\frac{F_1}{F_2}=\frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2}=\frac{2M}{d^3}\Big/\frac{M}{d^3}=2$

[ଯଦି $d>>l$]

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଯଦି ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମ ସତ୍ୟ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ $\frac{F_1}{F_2}=\frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2}=2$ ହେବ । ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା (ପରୀକ୍ଷା ଜନିତ ଭୁଲକୁ ବିଚାରକୁ ନେଇ) ଏହି ସମୀକରଣର ସତ୍ୟାପନ କରାଯାଇଛି । ସୁତରାଂ 'ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମ' ସତ୍ୟ ।

'ଗସ୍'ଙ୍କ ରୀତି ଏକ ପରୋକ୍ଷ ରୀତି । ତାଙ୍କ ମତ ଅନୁଯାୟୀ ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱର ବର୍ଗ ସହିତ ପ୍ରତି-ଲୋମାନୁପାତି ନ ହୋଇ ସେମାନଙ୍କ ଦୂରତ୍ୱର n ଶକ୍ତି ସହିତ ପ୍ରତି ଲୋମାନୁପାତୀ ।

ଚୁମ୍ବକର ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ

$$F_1 = \frac{m}{(d-l)^n} - \frac{m}{(d+l)^n} = m\frac{(d+l)^n - (d-l)^n}{(d^2-l^2)^n}$$

$$= md^n \frac{\left(1+\frac{l}{d}\right)^n - \left(1+\frac{l}{d}\right)^n}{(d^2-l^2)^n}$$

$$= md^n \frac{\left[1+\frac{nl}{d}+\frac{n(n-1)}{1\cdot2}\times\frac{l^2}{d^2}\cdots - 1+\frac{nl}{d}-\frac{n(n-1)}{\cdot2}\times\frac{l^2}{d^2}+\cdots\right]}{(d^2-l^2)^n}$$

$$= \frac{2md^n\left[\frac{nl}{d}+\frac{n(n-1)(n-2)}{1\cdot2\cdot3}\times\frac{l^3}{d^3}+\cdots\right]}{(d^2-l^2)^n}$$

$$= \frac{2m\,ln}{d^n-1} = \frac{Mn}{d^n-1} \;;\left(\because d>>l \text{ ଏବଂ } \frac{l^3}{d^3} \text{ ଇତ୍ୟାଦି ନଗଣ୍ୟ}\right)$$

ପାର୍ଶ୍ୱମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାରେ

$$F_2 = \frac{m}{\left(d^2+l^2\right)^{\frac{n}{2}}} \times \frac{2l}{\left(d^2+l^2\right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{M}{\left(d^2+l^2\right)^{\frac{n+1}{2}}} = \frac{M}{d^{\frac{n+1}{2}}}$$

$$(\because d^2 >> l^2)$$

$$\therefore \frac{F_1}{F_2} = \frac{Mn}{d^n+1} \Big/ \frac{M}{d^n+1} = n$$

nର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁ ପ୍ରଥମେ ଟାନଜେଣ୍ଟ୍-A ଓ ପରେ ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍-B ଅବସ୍ଥାନରେ ସମାନ ଦୂରତ୍ୱରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିଫଳନ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ ମାପ କରାଯାଏ । ଯଦି ଏହି ବିକ୍ଷେପ ଯଥାକ୍ରମେ θ_1 ଓ θ_2 ହୁଏ ତାହାହେଲେ $F_1 = H \tan\theta_1$ ଓ $F_2 = H \tan\theta_2$

$$\therefore \frac{F_1}{F_2} = \frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2}$$

ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ଜଣାଯାଏ ଯେ $\frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = 2$ କିନ୍ତୁ ଗସ୍‌ଙ୍କ ତାତ୍ତ୍ୱିକ ବିଚାରରୁ ଏହି ଅନୁପାତ n ଅଟେ ; ଅତଏବ $n = 2$ । ସୁତରାଂ ଦୁଇ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱର ବର୍ଗ ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ।

(C) **ଦୋଳନ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର ରୀତି :**

ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦୋଳନ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର୍‌ରେ ଥିବା ଗ୍ଲେଟ ଚୁମ୍ବକର ଆବର୍ତ୍ତ କାଳ

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}}$$

କିମ୍ବା $T^2 = 4\pi^2 \frac{I}{MH}$

କିମ୍ବା $\frac{MH}{4\pi^2 I} = \frac{1}{T^2} = n^2$

(ଏଠାରେ n = ଏକକ ସମୟରେ ଦୋଳନ ସଂଖ୍ୟା)

କିମ୍ବା $H \propto n^2$ ... ... (i)

ବର୍ତ୍ତମାନ ଚୁମ୍ବକ NSକୁ ଦୋଳନ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର୍ ଥିବା ଗ୍ଲେଟ ଚୁମ୍ବକର ସମାନ ଉଚ୍ଚତାରେ ଭୂଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଦିଗରେ ତାହାଠାରୁ d_1 ଦୂରତ୍ୱରେ ଏପରି ଭାବରେ ରଖାଯାଏ ଯେପରି ତାହାର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଓ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଏକାଭିମୁଖୀ ହେବ । ଯଦି ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର୍ ଚୁମ୍ବକର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକ NSର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା F_1 ହୁଏ ତାହାହେଲେ (F_1+H) ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର ଚୁମ୍ବକର ଆବର୍ତ୍ତ କାଳ

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{I}{M(F_1+H)}}$$

କିମ୍ବା, $\frac{M(F_1+H)}{4\pi^2 I} = \frac{1}{T^2} = n_1^2$

(n_1 = ଏକକ ସମୟରେ ଦୋଳନ ସଂଖ୍ୟା)

$\therefore\ (F_1+H) \propto n_1^2$ ... ...(ii)

$\frac{F_1+H}{H} = \frac{n_1^2}{n^2}$ କିମ୍ବା $\frac{F_1}{H} = \frac{n_1^2 - n^2}{n^2}$ ... ... (iii)

ବର୍ତ୍ତମାନ ଚୁମ୍ବକ NSକୁ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର ଚୁମ୍ବକଠାରୁ d_2 ଦୂରତ୍ୱରେ ସ୍ଥାପନ କଲେ ଯଦି ତୀବ୍ରତା F_2 ଓ ଏକକ ସମୟରେ ଦୋଳନ ସଂଖ୍ୟା n_2 ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$\frac{M(F_2+H)}{4\pi^2 I} = \frac{1}{T^2} = n_2^2$$

କିମ୍ବା $(F_2 + H) \propto n_2^2$ .... (iv)

$$\therefore \frac{F_2 + H}{H} = \frac{n_2^2}{n^2} \text{ କିମ୍ବା } \frac{F_2}{H} = \frac{n_2^2 - n^2}{n^2} \quad \ldots.(v)$$

$$\therefore \frac{F_1}{F_2} = \frac{n_1^2 + n^2}{n_2^2 - n^2} \quad \ldots \quad (2\cdot16)$$

ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ଜଣାଯାଏ ଯେ $\frac{n_1^2 - n^2}{n_2^2 - n^2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$

$$\therefore \frac{F_1}{F_2} = \frac{d_1^2}{d_1^2} \quad \ldots \quad (2\cdot17)$$

ଏହାଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମର ସତ୍ୟତା ପ୍ରମାଣିତ ହୁଏ ।

୨·11 ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

କୌଣସି ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦୁଇଟି ରୀତି ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

(a) **ସୂଚୀଚୁମ୍ବକରୀତି :—** ଏହି ରୀତିରେ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ସାହାଯ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇ ମେରୁର ଅବସ୍ଥାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏହି ଦୁଇ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ସମାନ ।

(b) **ବିକ୍ଷେପ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର୍ ରୀତି :—**

(1) **ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍-A ଅବସ୍ଥାନ :—** ଏହି ରୀତିରେ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର୍‌ର ସୂଚୀଚୁମ୍ବକଟି ଦିଆଯିବା ଚୁମ୍ବକର ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ଓ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର୍‌ର ବାହୁ ପୂର୍ବ-ପଶ୍ଚିମ ଦିଗରେ ରଖାଯାଏ । ଯଦି ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ $=2l$ ଚୁମ୍ବକର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁଠାରୁ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକର ଦୂରତ୍ୱ $=d_1$ ଓ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ $=\theta_1$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$\frac{M}{H} = \frac{(d_1^2 - l^2)^2}{2d_1} \times \tan\theta_1 \quad \ldots \quad (i)$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯଦି ଚୁମ୍ବକର ଦୂରତ୍ୱକୁ d_2 କରାଯାଏ ଓ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିକ୍ଷେପ $=\theta_2$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$\frac{M}{H} = \frac{(d_2^2 - l^2)^2}{2d_2} \times \tan\theta_2 \quad \ldots \quad (ii)$$

ସମୀକରଣ (i) ଓ (ii) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\frac{(d_1^2-l^2)^2}{2d_1}\times\tan\theta_1=\frac{(d_2^2-l^2)^2}{2d_2}$$

କିମ୍ବା $d_1^3\left(1-\frac{l^2}{d_1^2}\right)^2\times\tan\theta_1=d_2^3\left(1-\frac{l^2}{d_2^2}\right)^2$

[ଏଠାରେ $\frac{l^4}{d_1^4}$ ଏବଂ $\frac{l^4}{d_2^4}$ ନଗଣ୍ୟ ହେବ]

ସୁତରାଂ $(d_1^3\tan\theta_1-d_2^3\tan\theta_2)$

$$=(2d_1l^2\tan\theta_1-2d_2l^2\tan\theta_2)$$

$$\therefore\ l=\sqrt{\frac{d_1^3\tan\theta_1-d_2^3\tan\theta_2}{2(d_1\tan\theta_1-d_2\tan\theta_2)}}$$

ସୁତରାଂ d_1, d_2, θ_1 ଓ θ_2 ଜଣାଥିଲେ $2l$ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ପାରିବ ।

(ii) **ଟାନଜେଣ୍ଟ $-B$ ଅବସ୍ଥାନ—**

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟରର ବାହୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉତ୍ତର-ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗରେ ଏବଂ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟରର ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକର ପାର୍ଶ୍ୱମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ

$$\frac{M}{H}=(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}\tan\theta$$

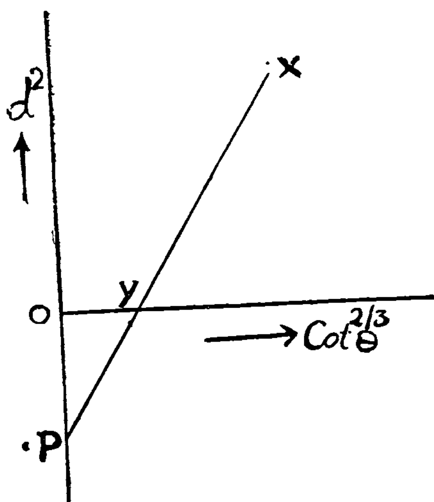
କିନ୍ତୁ $\frac{M}{H}$ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ,

ତେଣୁ $(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}\tan\theta=C$ (ଧ୍ରୁବାଙ୍କ)

କିମ୍ବା $(d^2+l^2)^{\frac{3}{2}}=C\cot\theta$

$\therefore\ (d^2+l^2)=K\cot^{\frac{2}{3}}\theta$ ... ... (2·19)

ଅତଏବ dର ବିଭିନ୍ନ ମାନପାଇଁ ବିକ୍ଷେପ θ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି d^2 ଓ $\cot^{\frac{2}{3}}\theta$ ମଧ୍ୟରେ ଲେଖଚିତ୍ର (ଚିତ୍ର ନଂ 2·7) ଅଙ୍କନ କଲେ ତାହା ଏକ ସରଳରେଖା ହେବ । ବର୍ଦ୍ଧିତ XY ସରଳରେଖା d^2 ଅକ୍ଷକୁ P ବିନ୍ଦୁରେ ଛେଦ କରେ ଏବଂ ସେଠାରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 2.7)

$\cot^{\frac{2}{3}}\theta=0$

ତେଣୁ $d^2+l^2=0$

କିମ୍ବା $d^2=-l^2$

ଯେତେବେଳେ $\cot^{\frac{2}{3}}\theta=0$,

ସେତେବେଳେ $-d^2=OP$

$\therefore\ OP=l^2$

$\therefore\ 2l=2\sqrt{OP}$

ସୁତରାଂ ଲେଖଚିତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ପାରେ ।

ଉଦାହରଣ (1)—ଗୋଟିଏ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଝୁଲୁଥିବାବେଳେ 10 ସେକେଣ୍ଡରେ 6 ଥର ଦୋଳନ କରେ । ସୂଚୀଚୁମ୍ବକଠାରୁ କିଛି ଦୂରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଦିଗରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ସ୍ଥାପନ କଲେ 12 ସେକେଣ୍ଡରେ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକଟି 6 ଥର ଦୋଳନ କରେ ଓ ପରିଶେଷରେ ଉତ୍ତର ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗରେ ରହେ । ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକଟିକୁ ବୁଲାଇଦେଲେ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନକାଳ କେତେ ହେବ ?

$$H \propto n^2$$

$$\therefore H \propto \left(\frac{6}{10}\right)^2$$

ମନେକର ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ନିକଟରେ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା$=F^1$ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ସ୍ଥାପିତ ହେବାପରେ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକର ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ଦୋଳନ ସଂଖ୍ୟା ହ୍ରାସ ପାଏ । ତେଣୁ ଏଠାରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ହ୍ରାସ ପାଉଛି ।

$$\therefore (H - F) \propto \left(\frac{6}{12}\right)^2$$

$$\frac{H - F}{H} = \left(\frac{6}{12}\right)^2 \times \left(\frac{1}{6}\right)^2 = \frac{100}{144}$$

$$\therefore F = \frac{11}{36} H$$

ଦ୍ୱିତୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ

$$\frac{H + F}{H} = \frac{n^2}{\left(\frac{6}{10}\right)^2} = \frac{100}{36} \times n^2$$

ବା $\dfrac{H + \frac{11}{36} H}{H} = \dfrac{100}{36} n^2$

ବା $\dfrac{47}{36} = \dfrac{100}{36} n^2$

ବା $n^2 = \dfrac{47}{100}$

ବା $n = \sqrt{\dfrac{47}{100}}$

$\therefore \quad t = \dfrac{1}{n} = \sqrt{\dfrac{100}{47}} = 1.4$ ସେକେଣ୍ଡ (ପ୍ରାୟ)

(2) ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 10 ସେ: ମି. ଓ ପ୍ରସ୍ଥ 1 ସେ: ମି: ଏବଂ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହାର ଦୋଳନକାଳ 5 ସେକେଣ୍ଡ । ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ଭାଙ୍ଗି ସମାନ ଦୁଇଭାଗ କରିଦେଲେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଖଣ୍ଡର ଦୋଳନକାଳ କେତେ ହେବ ?

ମନେକର ପୂର୍ଣ୍ଣଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣି M ଓ ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣି I
ଏବଂ ଅର୍ଦ୍ଧଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣି M_1 ଓ ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣି I_1

ପୂର୍ଣ୍ଣଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନକାଳ $t = 2\pi\sqrt{\dfrac{I}{MH}}$

ଅର୍ଦ୍ଧଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନକାଳ $t_1 = 2\pi\sqrt{\dfrac{I_1}{M_1 H}}$

$$I=\left(\frac{l^2+b^2}{12}\right)W=\left(\frac{10^2+1^2}{12}\right)W$$

$M=10m$, ($m=$ମେରୁ ପ୍ରାବଲ୍ୟ)

$$I_1=\left[\frac{(l/2)^2+b^2}{12}\right]\times\frac{W}{2}=\left(\frac{5^2+1^2}{12}\right)\frac{W}{2}\ ;\ M_1=5m$$

$$\therefore\ \frac{t}{t_1}=\frac{2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}}}{2\pi\sqrt{\frac{I_1}{M_1H}}}$$

$$=\sqrt{\frac{M_1I}{MI_1}}=\sqrt{\frac{5\times101\times24}{10\times26\times12}}=\sqrt{\frac{101}{26}}$$

$$\therefore\ \frac{5}{t_1}=\sqrt{\frac{101}{26}}$$

$$\therefore\ t_1=5\times\frac{1}{2}=2.5$$ ସେକେଣ୍ଡ

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଝୁଲୁଥିବା ଗୋଟିଏ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନକାଳ ପାଇଁ ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ (expression) ନିଗମନ କର (Deduce) । ଏହି ଦୋଳନକାଳକୁ କେଉଁ କେଉଁ କାରକ (factor) ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରେ ତାହା ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

2. 'ଗସ୍' ଙ୍କ ଅନୁଯାୟୀ ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମର ସତ୍ୟାପନ କର ।

3. ଦୋଳନ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତାର ତୁଳନା କର ।

4. ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଝୁଲୁଥିବା ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନକାଳ 4 ସେକେଣ୍ଡ । 8 ସେଣ୍ଟିମିଟର୍ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ଝୁଲନ୍ତ ଚୁମ୍ବକର ପୂର୍ବରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଦିଗରେ ସ୍ଥାପିତ ହେଲେ ଓ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁରୁ ଝୁଲନ୍ତ ଚୁମ୍ବକର ଦୂରତ୍ୱ 10 ସେ· ମି: ହେଲେ ଝୁଲନ୍ତ ଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନକାଳ 2 ସେକେଣ୍ଡ ହୁଏ । ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକର ମେରୁ ପ୍ରାବଲ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

5. ଦୋଳନ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର ଓ ବିକ୍ଷେପ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ତୁଳନା କର ।

6. ଗୋଟିଏ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ 12 ସେକେଣ୍ଡରେ 5 ଥର ଦୋଳନ କରେ । ଏହା ନିକଟରେ ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ସ୍ଥାପନ କଲେ 10 ସେକେଣ୍ଡରେ ଏହା 5 ଥର ଦୋଳନ କରେ ଓ ପରିଶେଷରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉତ୍ତର-ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗରେ ସ୍ଥିର ରହେ । ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ବୁଲାଇଦେଲେ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନକାଳ କେତେ ହେବ ?

7. ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 8 ସେ: ମି: ଓ ପ୍ରସ୍ଥ 0.5 ସେ: ମି: ଏବଂ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହାର ଦୋଳନକାଳ 6 ସେକେଣ୍ଡ । ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ଭାଙ୍ଗି ଦୁଇ ସମାନ ଭାଗ କରିଦେଲେ ପ୍ରତ୍ୟେକର ଦୋଳନକାଳ କେତେ ହେବ ?

8. ବିକ୍ଷେପ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ମାପ କରିବା ବିଧି ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

9. ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ M ଓ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ସଯୋଜକ H ର ପରମମାନ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

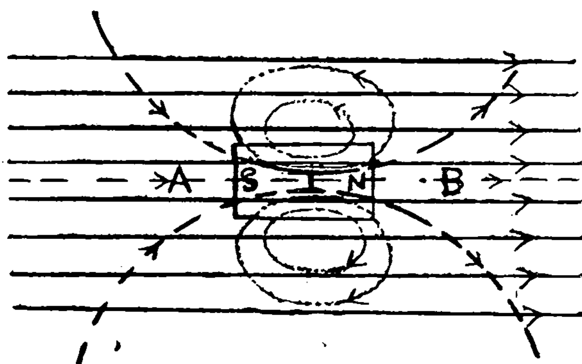
ତୃତୀୟ ପରିଚ୍ଛେଦ

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ : ପଦାର୍ଥର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଧର୍ମ

(Magnetic induction : Magnetic properties of materials)

3·1 **ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ :**—କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଲୌହ, କୋବଲ୍ଟ ପ୍ରଭୃତି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଏକ ଅଚୁମ୍ବକିତ ଦଣ୍ଡ ସ୍ଥାପନ କଲେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଉପଜାତ ହୁଏ ଓ ଏହି ଘଟଣାକୁ **ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ** କୁହାଯାଏ ।

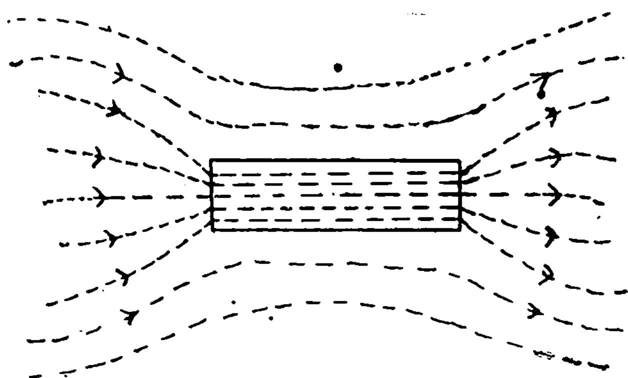
H ତୀବ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର (ଚିତ୍ର ନଂ 3·1) ଭିତରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଏକ ଦଣ୍ଡ AB ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଭାବରେ ସ୍ଥାପିତ । ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ଦ୍ୱାରା ଏହି ଦଣ୍ଡଟି ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ ହେବ ଅର୍ଥାତ୍ ତାହାର ଅଣୁଚୁମ୍ବକ ଗୁଡ଼ିକ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ବଳରେଖା ଦିଗରେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇ



(ଚିତ୍ର ନଂ 3·1)

ରହିବେ । ଏଠାରେ ଦଣ୍ଡଟିର ନିକଟତମ ପ୍ରାନ୍ତ Aରେ ଏକ ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ଓ ଦୂରତମ ପ୍ରାନ୍ତ Bରେ ଏକ ଉତ୍ତରମେରୁ ଉପଜାତ ହେବ । ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥଟି ଏହିପରି ଭାବରେ

ଚୁମ୍ବକିତ ହେବା ଫଳରେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ବଳରେଖା ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ତାହା ମୂଳ ଚୁମ୍ବକ-କ୍ଷେତ୍ରର ବଳରେଖା ସହିତ ସମାନ୍ତର ଓ ଏକାଭିମୁଖୀ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକୁ **ଚୁମ୍ବକନରେଖା** (Lines of magnetisation) କୁହାଯାଏ । ଏଗୁଡ଼ିକ ବନ୍ଦ ବକ୍ରରେଖା (closed curves) ହୋଇଥିବାରୁ ଚୁମ୍ବକିତ ଦଣ୍ଡ ବାହାରେ ସେମାନେ ମୂଳ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର Hର ବିପରୀତ ମୁଖୀ ହୁଅନ୍ତି । ଚିତ୍ରରେ ଏଗୁଡ଼ିକ ବିନ୍ଦୁରେଖା ଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ଦଣ୍ଡ AB ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକନରେଖା ବ୍ୟତୀତ ମୂଳ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର କେତେକ 'ବଳରେଖା' (Lines of force) ମଧ୍ୟ ଗତିକରେ । ଏହି ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ABର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ ମଧ୍ୟ ସେହି ସ୍ଥାନ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଗତି କରିଥାନ୍ତା ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 3·2)

ଚିତ୍ରରେ ଏଗୁଡ଼ିକୁ ପୂର୍ଣ୍ଣରେଖା ଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଯାଇଛି । ସୁତରାଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ (i) ମୂଳ ବଳରେଖା ଓ (ii) ଚୁମ୍ବକନରେଖା ଉଭୟ ଏକ ଦିଗରେ ଓ ପାଖାପାଖି ରହିଥାନ୍ତି ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ସମଷ୍ଟିକୁ **ପ୍ରେରଣରେଖା** (Lines of induction) କୁହାଯାଏ । ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକନରେଖା ଓ ବଳରେଖା ଏକାଭିମୁଖୀ ହୋଇଥିବାରୁ ସେଠାରେ ଏକକ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ପ୍ରତି ପ୍ରେରଣରେଖା ସଂଖ୍ୟା ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ କିନ୍ତୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ବାହାରେ ଉଭୟ ବଳରେଖାର ଦିଗ ବିପରୀତ ହୋଇଥିବାରୁ ସେଠାରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ହ୍ରାସ ପାଏ ଓ ଏକକ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ପ୍ରତି ପରିଣାମୀ କ୍ଷେତ୍ର ବଳରେଖା ସଂଖ୍ୟା ଊଣା ହୁଏ । ବିଭିନ୍ନ ଅଞ୍ଚଳରେ ବଳରେଖା'ର ଘନତ୍ୱ ଚିତ୍ର ନଂ 3·2ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ।

3·2 ଚୁମ୍ବକୀୟ ମାଧ୍ୟମର ସୁଭେଦ୍ୟତା (Permeability of the magnetic medium) :

ପୂର୍ବରୁ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି ଯେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ସ୍ଥାପିତ ହେଲେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଗତ କରୁଥିବା ବଳରେଖା ସଂଖ୍ୟା ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଧିକ ହୁଏ । ମାଧ୍ୟମକୁ ଭେଦ କରୁଥିବା ବଳରେଖାର ଆପେକ୍ଷିକ ପରିମାଣ ବା ମାତ୍ରାକୁ ମାଧ୍ୟମର ସୁଭେଦ୍ୟତା (Permeability) କୁହାଯାଏ । **ସୁତରାଂ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ଅବସ୍ଥିତ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମାଧ୍ୟମର ଏକ ବର୍ଗ ସେଣ୍ଟିମିଟର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ତାହାର ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ବଳରେଖା ସଂଖ୍ୟା ଓ ମାଧ୍ୟମଟି ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେଲେ ଠିକ୍ ସେହି ସ୍ଥାନରେ ବ୍ୟାପୃତ ବାୟୁ ବା ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମର ଏକ ବର୍ଗ ସେ: ମି: ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ବଳରେଖା ସଂଖ୍ୟାର ଅନୁପାତକୁ ସେହି ମାଧ୍ୟମର ସୁଭେଦ୍ୟତା କୁହାଯାଏ ।**

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ସଂଜ୍ଞା :—କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମାଧ୍ୟମ ଭିତରେ କୌଣସି ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକ ପ୍ରବାହର ସାନ୍ଦ୍ରତାକୁ (Magnetix flux density) ଅର୍ଥାତ୍ ସେହି ଏକ ବର୍ଗ ସେ: ମି: ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କ୍ଷେତ୍ର-ଫଳକୁ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ରେଖାଗୁଚ୍ଛର (tubes of force) ସଂଖ୍ୟାକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ **ପ୍ରେରଣ** (Magnetic induction) କୁହାଯାଏ । ଏହାକୁ ଅକ୍ଷର B ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ କରାଯାଏ । H ତୀବ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ଅବସ୍ଥିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବର୍ଗ ସେ: ମି: ପ୍ରତି ଯଦି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ B ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଦେଖାଯାଏ ଯେ B ଓ Hର ଅନୁପାତ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଅର୍ଥାତ୍

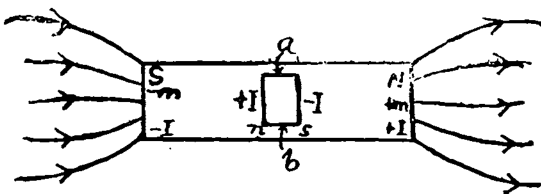
$$\frac{B}{H}=\mu \text{ (ଧ୍ରୁବାଙ୍କ)}$$

ଏଠାରେ μ ମାଧ୍ୟମର **"ସୁଭେଦ୍ୟତା"** ଅଟେ । ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମରେ $B=H$ ($\because$ ଶୂନ୍ୟରେ $\mu=1$) ।

3·3 ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ B ଓ ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା :

H ତୀବ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକିତ ହେଉଥିବା ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଦଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ B ଜାଣିବା ପାଇଁ ସେହି ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ରନ୍ଧ୍ର (cavity) ab—(ଚିତ୍ର ନଂ 3·3) କଳ୍ପନା କରାଯାଉ ।

ଏହି ରଡ୍‌ର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ଅଂଶର (Transverse section) ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟା ମାଧ୍ୟମ ମଧ୍ୟରେ 'ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ' ସହିତ ସମାନ । ପୂର୍ବରୁ ସୂଚୀତ ହୋଇଛି ଯେ ଏହି ରେଖାଗୁଚ୍ଛ (i) ଚୁମ୍ବକନ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ଓ (ii) ମୂଳ ରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସମଷ୍ଟି ସହିତ ସମାନ । (i) ପ୍ରେରଣ ଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଯେଉଁ ପ୍ରାନ୍ତରେ ବଳରେଖା ପ୍ରବେଶ କରେ ସେଠାରେ ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ଓ ଅପରପ୍ରାନ୍ତରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 3·3)

ଉତ୍ତରମେରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଯଦି ପ୍ରେରିତ ମେରୁର ପ୍ରାବଲ୍ୟ m ଓ ଦଣ୍ଡର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ A ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଏକକ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ପ୍ରତି ମେରୁ ପ୍ରାବଲ୍ୟ $=\frac{m}{A}=I$ (ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା) ।

ଏହା ଫଳରେ ରଡ୍‌ର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ପ୍ରାନ୍ତରେ $n-$ମେରୁ ଓ $s-$ମେରୁ ଉପଜାତ ହେବ ଏବଂ ତାହାର ଏକ ବର୍ଗ ସେ: ମି: ପ୍ରତି ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା I ହେବ । ସୁତରାଂ ପ୍ରେରଣ ଦ୍ୱାରା ରଡ୍‌ର $n-$ପ୍ରାନ୍ତରୁ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳରୁ $4\pi I$ ଚୁମ୍ବକନ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ନିର୍ଗତ ହେବ ଓ ତାହା ରଡ୍‌ର $s-$ପ୍ରାନ୍ତରେ ପହଞ୍ଚିବ ।

(ii) ମୂଳ ପ୍ରେରକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା H ହୋଇଥିବାରୁ ଚୁମ୍ବକୀତ ଦଣ୍ଡର ଏକକ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ପ୍ରତି ବଳରେଖା ଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟା H ହେବ ।

ସୁତରାଂ ଚୁମ୍ବକିତ ଦଣ୍ଡର ଏକକ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଉଥିବା ରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟା $=H+4\pi I$

$$\therefore \text{ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ } B=H+4\pi I \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots(3\cdot1)$$

B କୁ **ଚୁମ୍ବକ ପ୍ରବାହର ସାନ୍ଦ୍ରତା** (Flux density) ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।

ମାଧ୍ୟମର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ମଧ୍ୟଦେଇ ତାହାର ଲମ୍ବଦିଗରେ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ମୋଟ ରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟାକୁ **ମୋଟ ପ୍ରେରଣ** (Total induction) ବା **ଚୁମ୍ବକ ପ୍ରବାହ** (Magnetic flux) କୁହାଯାଏ ଓ ଏହା ଅକ୍ଷର ϕ ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ । ତେଣୁ ଯଦି ମାଧ୍ୟମର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ $=B$ ଓ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $=A$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$\phi=BA$$

ଯଦି କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ସ୍ଥାପନ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ଚୁମ୍ବକ ପ୍ରବାହର ସାନ୍ଦ୍ରତା H ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ସ୍ଥାପନ କରିବା ପରେ ସେହି ପଦାର୍ଥ ଭିତରେ ଚୁମ୍ବକ ପ୍ରବାହର ସାନ୍ଦ୍ରତା B ହୁଏ, ତାହାହେଲେ H ଓ B ଯଥାକ୍ରମେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ ଏକକ ମେରୁ ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ସ୍ଥାପିତ ହେବାପରେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଏକକ ମେରୁ ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ ମାପ କରିବ ।

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ B ର ଏକକ ଏକ **'ଗସ'** (Gauss) ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବାହ ϕ ର ଏକକ ଏକ **'ମାକ୍ସଓ୍ୱେଲ'** (Maxwell ଅଟେ ।

ମି: କି: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବାହର ସାନ୍ଦ୍ରତା (Flux density) ଓ୍ୱେବର/(ମିଟର)^2 ଏକକ ଦ୍ୱାରା ମାପ କରାଯାଏ । ଏକ ଓ୍ୱେବର $= 10^8$ ମାକ୍ସଓ୍ୱେଲ ।

B ଏକ ଭେକ୍ଟର ରାଶି ଅଟେ ।

ପ୍ରେରଣରେଖା ଓ ପ୍ରେରଣ ରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଜ୍ଞା :

ପ୍ରେରଣରେଖା ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଏପରି ଏକ ବକ୍ରରେଖା ଯାହାକି ତାହାର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରେରଣର ଦିଗ ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରେରଣକାରୀ ଓ ପଦାର୍ଥର ଚୁମ୍ବକନଦ୍ୱାରା ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ପରିଣାମୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ । ଏହି ପ୍ରେରଣ ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଗୁଚ୍ଛ ଆକାରରେ ବିନ୍ୟସ୍ତ ହୋଇଥିବାର ପରିକଳ୍ପନା କଲେ ସେହି ଗୁଚ୍ଛକୁ **ପ୍ରେରଣ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ** କୁହାଯାଏ ।

ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକରେ ପ୍ରେରଣକାରୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର $H=0$ ଓ ତେଣୁ $B=4\pi I$ ।

3·4 ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବଣତା (Magnetic susceptibility) :

ପୂର୍ବ ଅନୁଚ୍ଛେଦ ଅନୁଯାୟୀ

$$\text{ପ୍ରେରଣ } B = H + 4\pi I$$

ପ୍ରତ୍ୟେକ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ H ଦ୍ୱାରା ଭାଗ କଲେ

$$\frac{B}{H} = 1 + 4\pi\frac{I}{H}$$

କିମ୍ବା $\mu = 1 + 4\pi k$ ... ... (3·2)

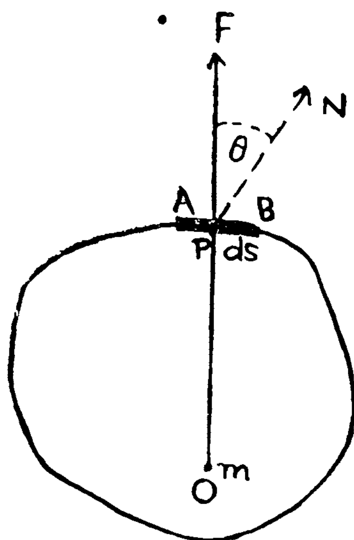
ଏଠାରେ $\mu\left(=\frac{B}{H}\right)$ କୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର **ସୁଭେଦ୍ୟତା** ଓ $k\left(=\frac{I}{H}\right)$ କୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର **ପ୍ରବଣତା** କୁହାଯାଏ ।

ସୁତରାଂ ଏକକ ତୀବ୍ରତା ($H=1$) ବିଶିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା (i) ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣକୁ ଉକ୍ତ ପଦାର୍ଥର **ସୁଭେଦ୍ୟତା** ଓ (ii) ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତାକୁ ଉକ୍ତ ପଦାର୍ଥର **ପ୍ରବଣତା** କୁହାଯାଏ ।

3·5 'ଗସ'ଙ୍କ ନିୟମ (Gauss' Law) :

କୌଣସି ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠତଳର ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ପୃଷ୍ଠତଳର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁର 4π ଗୁଣ ଅଟେ । ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ଯଦି ପୃଷ୍ଠତଳର ବହିର୍ଭାଗରେ ଥାଏ ତାହାହେଲେ ପୃଷ୍ଠତଳର ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ପ୍ରେରଣ ଶୂନ୍ୟ ହେବ ।

ମନେକର S ଏକ ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠତଳ (ଚିତ୍ର ନଂ 3.4) ଓ ତାହାର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ O ବିନ୍ଦୁରେ ଉତ୍ତର ମେରୁ m ଅବସ୍ଥିତ । ଏଠାରେ ମାଧ୍ୟମର ସୁଭେଦ୍ୟତା μ ହେଉ । O ବିନ୍ଦୁଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ AB ପୃଷ୍ଠତଳର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଂଶ ଓ ତାହାର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $=dS$ । ଏହି dS ମଧ୍ୟଦେଇ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର ଦିଗ $\overrightarrow{OPF}$ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 3.4)

ମନେକର P ବିନ୍ଦୁରେ PF ଦିଗରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $=F$ । ଯଦି dS ପ୍ରତି ଲମ୍ବ PN ହୁଏ ଏବଂ PN ଓ PFର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ θ ହୁଏ ତାହାହେଲେ PN ଦିଗରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ

$$=\mu F \cos\theta \, dS$$

$$=\mu \frac{m}{\mu r^2} \cos\theta \, dS$$

$$\left(\because F=\frac{m}{\mu r^2}\right)$$

$$=\frac{m \cos \theta \, dS}{r^2}$$

କିନ୍ତୁ P ଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ O ବିନ୍ଦୁରେ dS ଉତ୍ପନ୍ନ କରୁଥିବା ଘନକୋଣ

$$d\Omega=\frac{dS \cos \theta}{r^2}$$

ତେଣୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ $= m d\Omega$

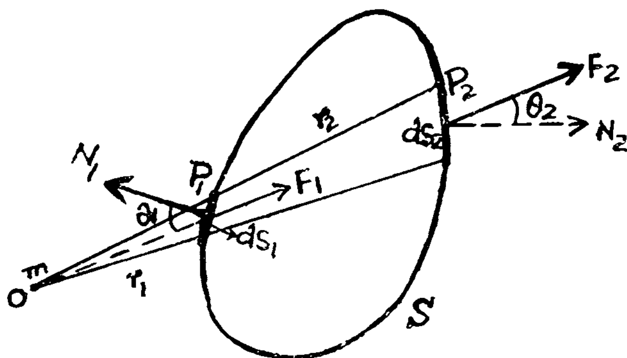
$\therefore$ ପୃଷ୍ଠତଳର ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ $=\oint m d\Omega$

$$=4\pi m \quad \cdots \quad \cdots \qquad (3\,3)$$

(ii) ମନେକର ବିନ୍ଦୁମେରୁ m ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠତଳ S ର (ଚିତ୍ର ନଂ 3.5) ବାହାରେ O ବିନ୍ଦୁରେ ଅବସ୍ଥିତ । ବର୍ତ୍ତମାନ O କୁ ଶୀର୍ଷବିନ୍ଦୁ କରି $d\Omega$ ଘନକୋଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଶଙ୍କୁ (Cone) ଅଙ୍କନ କର । ଏହି ଶଙ୍କୁ ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠତଳ S ର P_1 ଓ P_2 ବିନ୍ଦୁରେ ଯଥାକ୍ରମେ dS_1 ଓ dS_2 ଅଂଶ ଛେଦ କରୁ । P_1 ଓ P_2 ବିନ୍ଦୁରେ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ପୃଷ୍ଠତଳ dS_1 ଓ dS_2 ପ୍ରତି ଅଙ୍କିତ ଲମ୍ବ ଯଦି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ସହିତ ଯଥାକ୍ରମେ θ_1 ଓ θ_2 କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ତାହାହେଲେ

$$d\Omega=\frac{dS_1 \cos \theta_1}{r_1^2}=\frac{dS_2 \cos \theta_2}{r_2^2}$$

($\because$ O ଠାରୁ P_1 ଓ P_2 ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ r_1 ଓ r_2)



(ଚିତ୍ର ନଂ 3.5)

dS_1 ଓ dS_2 କୁ ଏକସଙ୍ଗେ ବିଚାରକୁ ନେଲେ ସେମାନଙ୍କ ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଓ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ

$$= F_1 \cos(\pi - \theta_1)\, dS_1 + F_2 \cos\theta_2\, dS_2$$
$$= -F_1 \cos\theta_1\, dS_1 + F_2 \cos\theta_2\, dS_2$$
$$= -\frac{m\, dS_1 \cos\theta_1}{r_1^2} + \frac{m\, dS_2 \cos\theta_2}{r_2^2}$$
$$= -m d\Omega + m d\Omega = 0 \quad \cdots \quad \cdots \quad (3.4)$$

ସମଗ୍ର ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠତଳ Sକୁ O ବିନ୍ଦୁରେ ସମାନ ଘନକୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରୁଥିବା dS_1 ଓ dS_2 ସଦୃଶ ଅନେକଗୁଡ଼ିଏ ଯୁଗ୍ମ ଅଂଶରେ ବିଭକ୍ତ କରି ଉପରୋକ୍ତ ରୀତିଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଇ ଦିଆଯାଇପାରେ ଯେ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ମୋଟ ପ୍ରେରଣ ଶୂନ୍ୟ ଅଟେ ।

ଯଦି ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠତଳର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଭାଗରେ ଅନେକଗୁଡ଼ିଏ ବିନ୍ଦୁମେରୁ m_1, m_2, m_3······ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ମୋଟ ପ୍ରେରଣ ସେମାନଙ୍କର ପୃଥକ ପ୍ରେରଣର ବୀଜଗାଣିତିକ ସମଷ୍ଟି ସହିତ ସମାନ ଅର୍ଥାତ୍ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ମୋଟ ପ୍ରେରଣ

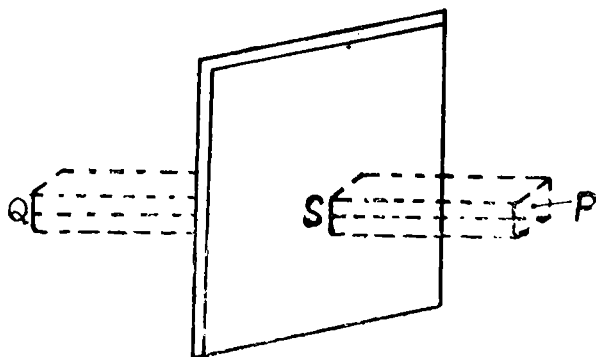
$$= 4\pi\Sigma m \quad \cdots \quad \cdots \quad (3\ 5)$$

3.5 (a) ଗସ୍‌ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ :

(1) ସମତଳ ମେରୁଗୃଦରଯୋଗୁଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

(Intensity of magnetic field due to a plane polar sheet) :

XY ଏକ ସମତଳ ମେରୁ ଗୃଦର (ଚିତ୍ର ନଂ 3·6) ଓ ମନେକର ଏହାର ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା$=I$ । ଏହି ଗୃଦରର ଖୁବ୍ ନିକଟରେ P ଏକ ବିନ୍ଦୁ । ଗୃଦର ସହିତ ସମାନ୍ତର ଦିଗରେ P ବିନ୍ଦୁରେ ଗୋଟିଏ ଏକକ ସମତଳ କ୍ଷେତ୍ର ab କଳ୍ପନା କରାଯାଉ । ଏହି ab କ୍ଷେତ୍ରର ପରିସୀମାରୁ ଗୃଦର ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ଅଙ୍କନ କରାଗଲେ ତାହାଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ପ୍ରିଜମ୍ ଗୃଦରର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ S



(ଚିତ୍ର ନଂ 3.6)

ଛେଦ କରିବ । ଗୁଡରର ଅପର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ସମାନ ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ Q ବିନ୍ଦୁରୁ ସେହିପରି ଏକ ପ୍ରିଜମ୍ କଳ୍ପନା କରାଯାଉ ।

ଗସ୍ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ S ଠାରୁ ଉଭୟ ଦିଗକୁ ଯାଉଥିବା ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ (Normal induction) $= 4\pi I$ ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରିଜମ୍‌ର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତ P ଓ Qର ମୋଟ ପ୍ରେରଣ $= 4\pi I$ । ଏଠାରେ ପ୍ରିଜମ୍‌ର ପାର୍ଶ୍ୱଭାଗରୁ ପ୍ରେରଣ ଶୂନ୍ୟ ଅଟେ । ତେଣୁ P ନିକଟରେ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପାଇଁ ପ୍ରେରଣ $= 2\pi I$ । ସୁତରାଂ P ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $= 2\pi I$ । ମାଧ୍ୟମର ସୁଭେଦ୍ୟତା ଯଦି μ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$= \frac{2\pi I}{\mu} \quad \dots \quad \dots \quad (3.6)$$

(2) **ଦୁଇଟି ସନ୍ନିକଟ ସମତଳ ମେରୁପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା (Magnetic field strength between two plane pole pieces) :**





P

μ

(ଚିତ୍ର ନଂ 3.7)

N ଓ S ସନ୍ନିକଟ ମେରୁ (ଚିତ୍ର ନଂ 3.7) ଦ୍ୱୟର ପ୍ରାନ୍ତଭାଗ ସମତଳ । ମନେକର ପ୍ରତ୍ୟେକ ମେରୁର ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା $= I$ ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମାଧ୍ୟମର ସୁଭେଦ୍ୟତା $= \mu$ । ଏହି ମେରୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ—

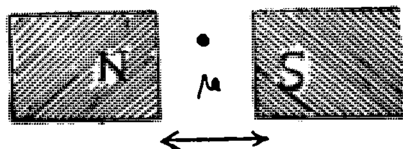
N – ମେରୁ ଯୋଗୁ $\overrightarrow{NP}$ ଦିଗରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $= \dfrac{2\pi I}{\mu}$

S - ମେରୁ ଯୋଗୁ $\overrightarrow{PS}$ ଦିଗରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $= \dfrac{2\pi I}{\mu}$

$\therefore$ P ବିନ୍ଦୁରେ ମୋଟ ତୀବ୍ରତା $= \dfrac{4\pi I}{\mu} \quad \dots \quad \dots \quad (3.7)$

ଏଠାରେ ମନେ ରଖିବାକୁ ହେବ ଯେ N ଓ S ଖୁବ୍ ସନ୍ନିକଟ ହୋଇଥିଲେ ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ସୁଷମ ହୋଇଥିଲେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁ P ରେ ତୀବ୍ରତା ସେହି ବିନ୍ଦୁର ଅବସ୍ଥାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

3. ଦୁଇଟି ସନ୍ନିକଟ ମେରୁ ପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ବଳ—
(Force between two opposite plane poles)



ଚିତ୍ର ନଂ 3.8

ଏଠାରେ ଉତ୍ତରମେରୁ N ବା ଦକ୍ଷିଣମେରୁ S ଯୋଗୁ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $= \frac{2\pi I}{\mu}$

(I = ପ୍ରତ୍ୟେକ ମେରୁର ଏକ ବର୍ଗ ସେ. ମି.ର ଚୁମ୍ବକ ପ୍ରାବଲ୍ୟ)

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ S ମେରୁ ପ୍ରତି ଏକ ବର୍ଗ ସେ. ମି. N ମେରୁର ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିବାରୁ ତାହା ଉପରେ ବଳ

$$F_1 = \text{ତୀବ୍ରତା} \times \text{ମେରୁ ପ୍ରାବଲ୍ୟ}$$

$$= \frac{2\pi I}{\mu} \times I = \frac{2\pi I^2}{\mu} \text{ ଡାଇନ୍}$$

ଏହି ବଳ ପରସ୍ପରକୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ । ଏଠାରେ ଚୁମ୍ବକର ପ୍ରେରଣ

$$B = 4\pi I, \quad \therefore \; I = \frac{B}{4\pi}$$

$$\therefore \; F_1 = \frac{2\pi}{\mu} \times \frac{B^2}{16\pi^2} = \frac{B^2}{8\pi\mu}$$

ଯଦି ମେରୁପ୍ରାନ୍ତର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A ହୁଏ ତାହାହେଲେ ବଳ

$$F = \frac{B^2 A}{8\pi\mu} \quad \cdots \quad (3.8)$$

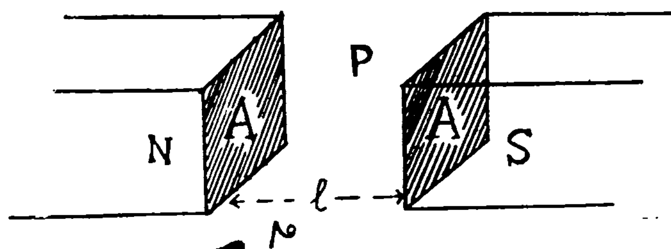
4 ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତି—
(Energy stored up in a magnetic field)

ମନେକର N ଓ S ମେରୁଦ୍ୱୟ (ଚିତ୍ର ନଂ 3.9) ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ପରସ୍ପରକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରୁଥିବା l ଅବସ୍ଥାରୁ ଦୂରତ୍ୱକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେଲେ ଏହି ପୃଥକ୍‌କରଣ ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସ୍ଥିତିଜଶକ୍ତି ଭାବରେ ସଞ୍ଚିତ ହୋଇ ରହେ ।

ଏଠାରେ ମାଧ୍ୟମର ସୁଭେଦ୍ୟତା μ ହେଉ । N ମେରୁ ଯୋଗୁ S ମେରୁ ପ୍ରାନ୍ତର କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା $= \frac{2\pi I}{\mu}$

[I = S ମେରୁ ପ୍ରାନ୍ତର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ମେରୁ ପ୍ରାବଲ୍ୟ]

ଯଦି S ମେରୁପ୍ରାନ୍ତର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତାହାର ମେରୁ ପ୍ରାବଲ୍ୟ$=IA$



(ଚିତ୍ର ନଂ 3.9)

∴ S ମେରୁ ଉପରେ ବଳ

$$F=\frac{2\pi I}{\mu}\times IA=\frac{2\pi AI^2}{\mu}$$

ପୁନଶ୍ଚ N ଓ S ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $H=\frac{4\pi I}{\mu}$;

$$\therefore\ I=\frac{\mu H}{4\pi}$$

$$\therefore\ F=\frac{2\pi A}{\mu}\times\left(\frac{\mu H}{4\pi}\right)^2=\frac{\mu A H^2}{8\pi}\qquad\cdots\qquad(3.9)$$

ସୁତରାଂ ମେରୁଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପରଠାରୁ l ଦୂରତ୍ୱକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେବାପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ$=\frac{\mu A H^2}{8\pi}\times l$ $\qquad\cdots\qquad$ (3.10)

ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର $A\times l$ ଆୟତନ (Volume) ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ଭାବରେ ସଞ୍ଚିତ ହୋଇ ରହେ । ସୁତରାଂ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଏକକ ଆୟତନ ପ୍ରତି ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତି—

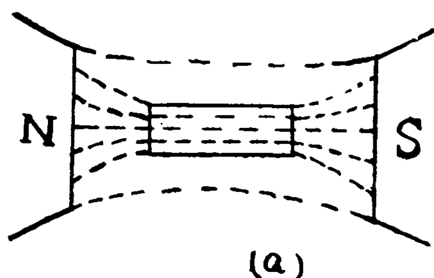
$$E=\frac{\mu H^2}{8\pi}\ \text{ଅର୍ଗ ଘନ ସେ. ମି.}\qquad\cdots\qquad(3.11)$$

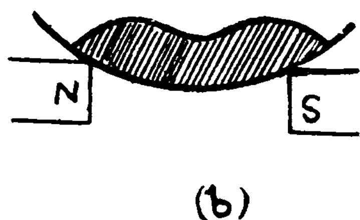
3.6 ଚୁମ୍ବକୀୟ ଧର୍ମ ଅନୁଯାୟୀ ପଦାର୍ଥର ଶ୍ରେଣୀ ବିଭାଗ : ସମଚୁମ୍ବକୀୟ (Paramagnetic), ଲୌହ ଚୁମ୍ବକୀୟ (Ferro-magnetic) ଏବଂ ପ୍ରତିଚୁମ୍ବକୀୟ (Diamagnetic) ପଦାର୍ଥ—

ଲୌହ, କୋବାଲ୍ଟ ଓ ନିକେଲ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଦ୍ୱାରା ଖୁବ୍ ସହଜରେ ଚୁମ୍ବକିତ ହୋଇ ପାରୁଥିବାରୁ ପୂର୍ବରୁ କେବଳ ଏହି ତିନୋଟି ପଦାର୍ଥକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ କୁହାଯାଉଥିଲା । ଲୌହ, କୋବାଲ୍ଟ ପ୍ରଭୃତି ପଦାର୍ଥର ମିଶ୍ରଧାତୁ ମଧ୍ୟ ଖୁବ୍ ସହଜରେ ଚୁମ୍ବକିତ ହୋଇପାରେ । ତେଣୁ ଉପରୋକ୍ତ ଏହି ସମସ୍ତ ପଦାର୍ଥ ଅଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଭାବରେ ପରିଗଣିତ ହେଉଥିଲା । କିନ୍ତୁ ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ, ଯେଉଁସବୁ ପଦାର୍ଥକୁ ପୂର୍ବରୁ ଅଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ କୁହାଯାଉଥିଲା, ସେଗୁଡ଼ିକ ଖୁବ୍ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହେବାର ଲକ୍ଷ୍ୟ କରାଗଲା । ଏହା ଫଳରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଓ ଅଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ପୂର୍ବ ଧାରଣାର ଏକ ବୈପ୍ଳବିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲା ଏବଂ ବିଭିନ୍ନ ପଦାର୍ଥ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁପରି ଭାବରେ ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ ସେହି ଅନୁଯାୟୀ ସେମାନଙ୍କୁ ତିନି ସୁସ୍ପଷ୍ଟ ଶ୍ରେଣୀ ଅର୍ଥାତ୍ (i) ସମଚୁମ୍ବକୀୟ, (ii) ଲୌହ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଓ (iii) ପ୍ରତି ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶ୍ରେଣୀରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇଛି ।

(i) ସମଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ—

ଯେଉଁସବୁ ପଦାର୍ଥକୁ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଝୁଲାଇଲେ ସେମାନେ ନିଜର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଭାବରେ ପ୍ରତିଷ୍ଠାପିତ ହୁଅନ୍ତି ଅର୍ଥାତ୍ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଦୁର୍ବଳତର ଅଞ୍ଚଳରୁ ପ୍ରବଳତର ଅଞ୍ଚଳକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଅନ୍ତି । ସେଗୁଡ଼ିକୁ **ସମଚୁମ୍ବକୀୟ** ପଦାର୍ଥ କୁହାଯାଏ । ପ୍ଲାଟିନମ୍, କ୍ରୋମିୟମ୍, ଏଲୁମିନିୟମ, ଅମ୍ଳଜାନ,





(ଚିତ୍ର ନଂ 3.10)

ସମସ୍ତ ରେୟାର ଆର୍ଥ (Rare earth) ଓ ଟ୍ରାନଜିସନ୍ ଗ୍ରୁପ୍‌ର ମୌଳିକବସ୍ତୁ ଏହି 'ସମଚୁମ୍ବକୀୟ' ଶ୍ରେଣୀର ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ । ଏହିସବୁ ପଦାର୍ଥ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ଦ୍ୱାରା ଏପରି

ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକିତ ହୁଅନ୍ତି ଯେ ପ୍ରେରିତ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ସେମାନଙ୍କ ଭିତରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ବୃଦ୍ଧି କରେ । ସମଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପିତ ହେଲେ ସେଥି ମଧ୍ୟରେ ବଳରେଖା ଘନ (ଚିତ୍ର ନଂ 3.10) ହୁଏ ଓ ତେଣୁ ଏହି ପଦାର୍ଥ ଚୁମ୍ବକ ଦ୍ୱାରା ଆକର୍ଷିତ ହୁଏ । ସମଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ କ୍ଷେତ୍ରରେ—

(i) $B > H$

(ii) $\mu \left(= \frac{B}{H}\right) > 1$

(iii) k ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ($\because \mu = 1 + 4\pi k$)

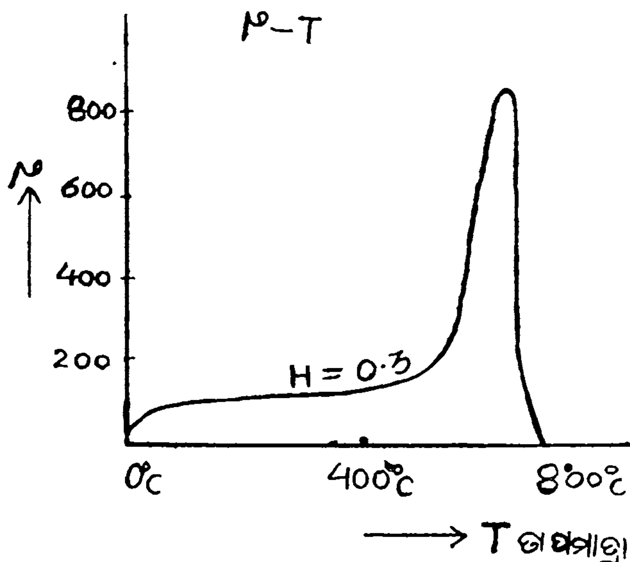
କେତେକ ସମଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବଣତା k ପରମ ତାପମାତ୍ରା ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ।

(ii) **ଲୌହଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ** – ଲୌହ, କୋବାଲ୍ଟ, ନିକେଲ ଓ ସେମାନଙ୍କର ମିଶ୍ରଧାତୁରେ ସମଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ସମସ୍ତ ଧର୍ମ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ ଓ ତେଣୁ ଏ ସମସ୍ତଙ୍କୁ 'ସମଚୁମ୍ବକୀୟ' ଶ୍ରେଣୀରେ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ କରାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଏହିସବୁ ପଦାର୍ଥ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ଖୁବ୍ ବିଶେଷ ଭାବରେ ପ୍ରଭାବିତ ହେଉଥିବାରୁ ଅର୍ଥାତ୍ ଏଗୁଡ଼ିକର ପ୍ରେରିତ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ, ସୁଭେଦ୍ୟତା ଓ ପ୍ରବଣତା ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ସମଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ତୁଳନାରେ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ଏଗୁଡ଼ିକୁ ଏକ ପୃଥକ୍‌ଶ୍ରେଣୀ ଅର୍ଥାତ୍ '**ଲୌହ-ଚୁମ୍ବକୀୟ**' ଶ୍ରେଣୀରେ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଏହି ଜାତୀୟ ପଦାର୍ଥରେ ଚୁମ୍ବକନ (Magnetisation) ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ (Magnetising force) ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ନୁହେଁ । ଏଠାରେ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳର ବୃଦ୍ଧି ସହିତ μ ଓ kର ବୃଦ୍ଧି ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଧିକ ହୁଏ । ବୈଜ୍ଞାନିକ 'କ୍ୟୁରି' ଦର୍ଶାଇଛନ୍ତି ଯେ ଲୌହ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବଣତା k ପରମ ତାପମାତ୍ରା T ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ଅର୍ଥାତ୍

$$k = \frac{C}{T};$$ ଏଠାରେ C ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଅଟେ ।

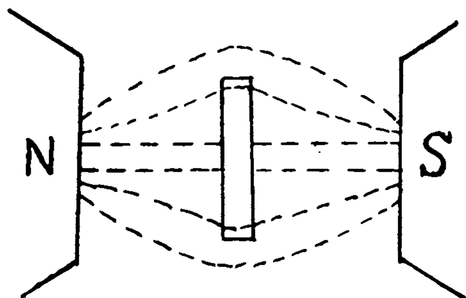
ଏହି ନିୟମକୁ "କ୍ୟୁରି ନିୟମ" କୁହାଯାଏ । ଏହି ନିୟମରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ ଲୌହଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ପରମ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ତାହାର ପ୍ରବଣତା ହ୍ରାସ ପାଏ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଦେଖାଯାଏ ଯେ ଏହି ପଦାର୍ଥ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରା ଅତିକ୍ରମ କଲେ ସମଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରାକୁ '**କ୍ୟୁରି ତାପାଙ୍କ**' ବା **ଚରମ ତାପାଙ୍କ** କୁହାଯାଏ । ଲୌହର '**କ୍ୟୁରି ତାପାଙ୍କ**' 770°C ଅଟେ । ଚିତ୍ର ନଂ 3.00 ରେ ଲୌହର ସୁଭେଦ୍ୟତା μ ଓ ତାପମାତ୍ରା T°C

ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ବନ୍ଧ ଗ୍ରାଫଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏହି ଗ୍ରାଫରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ କ୍ୟୁରି ତାପାଙ୍କ ନିକଟରେ ଲୌହର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଧର୍ମର ବିଲୋପ ଖୁବ୍ କ୍ଷିପ୍ର ହୁଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 3.11)

(iii) **ପ୍ରତିଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ**—ଏହି ଶ୍ରେଣୀର ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକୁ ଖୁବ୍ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଝୁଲାଇଲେ ସେମାନେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ସହିତ ସମକୋଣରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 3·12) ସ୍ଥାପିତ ହୁଅନ୍ତି ଅର୍ଥାତ୍ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଅଞ୍ଚଳରୁ କ୍ଷୀଣ ଅଞ୍ଚଳକୁ ଗତିତ ହେବାର ପ୍ରବୃତ୍ତି ସେମାନଙ୍କର ଥାଏ । ଜଳ, ଦସ୍ତା, ପାରଦ, ତମ୍ବା, ବିସ୍‌ମଥ୍, ରୂପା, ଏଣ୍ଟିମନି ଇତ୍ୟାଦି ପଦାର୍ଥ ଏହି ଶ୍ରେଣୀ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ । ଏହି ପଦାର୍ଥ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପିତ ହେଲେ ତାହାର ନିକଟତମ ପ୍ରାନ୍ତରେ ସମଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଓ ଦୂରତମ ପ୍ରାନ୍ତରେ ବିପରୀତ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଉପଜାତ ହୁଏ । ପ୍ରେରଣ ଦ୍ୱାରା ଏହି ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ବଳରେଖା ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ତାହାର ଦିଗ ମୂଳ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ବଳ-



(a) କଠିନ ପ୍ରତିଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ
(ଚିତ୍ର ନଂ 3.12 a)

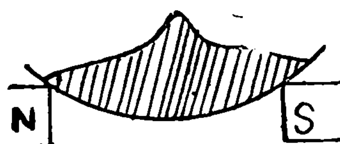
ରେଖା ବିପରୀତ । ସୁତରାଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ

(i) $B < H$

(ii) $\mu < I$

(iii) Kର ମାନ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ($\because \mu = 1 + 4\pi k$)

ପ୍ରତିଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପିତ ହେଲେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକର ଘନତ୍ୱ ବାହାର ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ହୁଏ । ପ୍ରତିଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।



(b)

(b) ତରଳ ପ୍ରତିଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ
(ଚିତ୍ର ନଂ 3.12 b)

3.7 ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ସ୍ଥାପିତ ସମଚୁମ୍ବକୀୟ ବା ଲୌହ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ :

କୌଣସି ସମଚୁମ୍ବକୀୟ ବା ଲୌହ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଗୋଟିଏ ଅସମ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପିତ ହେଲେ ତାହାର ଅଣୁଚୁମ୍ବକ ବା ଦ୍ୱିମେରୁଗୁଡ଼ିକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଦିଗରେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇ ରହନ୍ତି ଓ ଫଳରେ ପଦାର୍ଥଟି ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏହିପରି ଏକ ସମଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଦଣ୍ଡ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେଲେ ପ୍ରଥମେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଦିଗରେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇ ରହିଥିବା ତାହାର କୌଣସି ଏକ ମେରୁ ଚୁମ୍ବକ (ବା ଦ୍ୱିମେରୁ) ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଓ ପଦାର୍ଥକୁ ଗଠନ କରୁଥିବା ସମସ୍ତ ଅଣୁଚୁମ୍ବକପାଇଁ ଏହି ବଳର ସମଷ୍ଟି ଗଣନା କରାଯାଏ ।

ମନେକର H ଏକ ଅସମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ (ଚିତ୍ର ନଂ 3.13) ଦ୍ୱିମେରୁ abର ଦୈର୍ଘ୍ୟ dl ଓ ମେରୁପ୍ରାବଲ୍ୟ $-m$ ଓ $+m$ । ଏହି ଦ୍ୱିମେରୁର a ଓ b ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଯଥାକ୍ରମେ H ଓ $\left[H + \frac{\partial H}{\partial l} dl\right]$ ହେଉ ।

ଦ୍ୱିମେରୁ ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ପରିଣାମୀ ବଳ

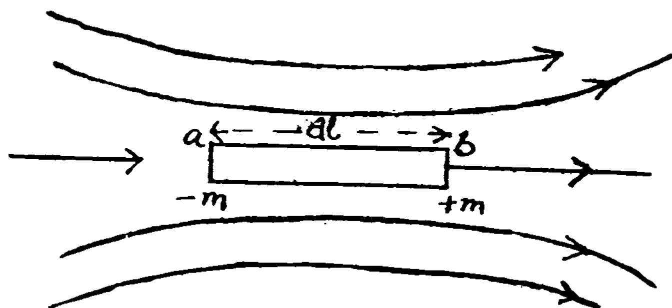
$$dF = m\left[H + \frac{\partial H}{\partial l}\, dl - H\right] = m\, dl \times \frac{\partial H}{\partial l} = M_1 \frac{\partial H}{\partial l},$$

($\because$ $M_1 = mdl =$ ଦ୍ୱିମେରୁର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ)

ସୁତରାଂ ପଦାର୍ଥ ab କୁ ଗଠନ କରୁଥିବା ସମସ୍ତ ଦ୍ୱିମେରୁ ପାଇଁ ବଳ

$$F=\Sigma M_1 \frac{\partial H}{\partial l}=M\frac{\partial H}{\partial l};$$

(M = ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ)



(ଚିତ୍ର ନଂ 3.13)

ମନେକର ପଦାର୍ଥର ଆୟତନ = V

ଓ ପ୍ରବଣତା $= k = \frac{I}{H}$; (I = ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା)

ସୁତରାଂ $M = IV = kVH$

$$\therefore\ F = kVH\frac{\partial H}{\partial l} = \frac{1}{2}kV\frac{\partial H^2}{\partial l} \quad \cdots \quad \cdots \quad (3.12)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରବଣତା k ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

k_2 ପ୍ରବଣତା ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ସମ ବା ଲୌହ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଯଦି k_1 ପ୍ରବଣତା ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ମାଧ୍ୟମରେ ଅସମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର H ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$F=\frac{1}{2}V\,(k_2-k_1)\frac{\partial H^2}{\partial l} \quad \cdots \quad \cdots \quad (3.13)$$

ଏଠାରେ (k_2-k_1) = ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବଣତା

ପୁନଶ୍ଚ ମାଧ୍ୟମର ସୁଭେଦ୍ୟତା ଯଦି μ_1 ହୁଏ ଓ ପଦାର୍ଥର ସୁଭେଦ୍ୟତା μ_2 ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$\mu_1 = 1+4\pi k_1$$
$$\mu_2 = 1+4\pi k_2$$

$$\therefore \frac{\mu_2 - \mu_1}{4\pi} = (k_2 - k_1)$$

$$\therefore F = \frac{(\mu_2 - \mu_1)\ V}{8\pi} \times \frac{\partial H^2}{\partial l} \quad .... \quad .... \quad (3.14)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ (3·13) ଓ (3·14) ସାହାଯ୍ୟରେ ବିଭିନ୍ନ ଗତି ଅବଲମ୍ବନ କରି ପଦାର୍ଥର k ଓ μ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ସମ ବା ଲୌହ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର k_2 ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ (+ve) ଓ ତେଣୁ $k_2 \geqslant k_1$ । ସୁତରାଂ ସମ ବା ଲୌହ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ କ୍ଷୀଣ ଅଞ୍ଚଳରୁ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଅଞ୍ଚଳକୁ ଗତି କରିବ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରତିଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର k_2 ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ତେଣୁ ତାହା ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଅଞ୍ଚଳରୁ ଦୁର୍ବଳ ଅଞ୍ଚଳକୁ ଗତି କରିବ ।

କୌଣସି ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ H ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଓ ତେଣୁ $\frac{\partial H}{\partial l} = 0$; ସୁତରାଂ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥକୁ ଗୋଟିଏ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପନ କଲେ ସମୀକରଣ (3·14) ଅନୁଯାୟୀ ତାହା ଉପରେ କୌଣସି ଆକର୍ଷଣ ବଳ କ୍ରିୟା କରିବ ନାହିଁ । ଏଠାରେ ପଦାର୍ଥଟି କେବଳ ଘୂରିଯାଇ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଦିଗରେ ସ୍ଥାପିତ ହେବ ।

ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଅସମ ହୋଇଥିଲେ ଓ Hର ଉଚ୍ଚସୀମା ମାନ ଜଣା ନ ଥିଲେ ସମୀକରଣ (3·14)ର ସମାକଳନ (Integration) ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ଓ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ Fର ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିରେ $\frac{\partial H}{\partial l}$ ସର୍ବଦା ରହିବ । କିନ୍ତୁ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ Hର ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଉଚ୍ଚସୀମା ମାନ ଥାଏ ଓ ତେଣୁ ସମୀକରଣ (3· 4)କୁ $O-H$ ମଧ୍ୟରେ ସମାକଳନ କରିହେବ । ଯଦି ଦତ୍ତ ପଦାର୍ଥର ଦୈର୍ଘ୍ୟ l ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$\int_0^l F\,dl = \frac{(\mu_2 - \mu_1)\ V}{8\pi} \int_0^H \partial H^2$$

$$\text{କିମ୍ବା } F = \frac{(\mu_2 - \mu_1)\ V\ H^2}{8\pi\ l} = \frac{(\mu_2 - \mu_1)\ A\ H^2}{8\pi} ;$$

$$\therefore A = \frac{V}{l} = \text{ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ)}$$

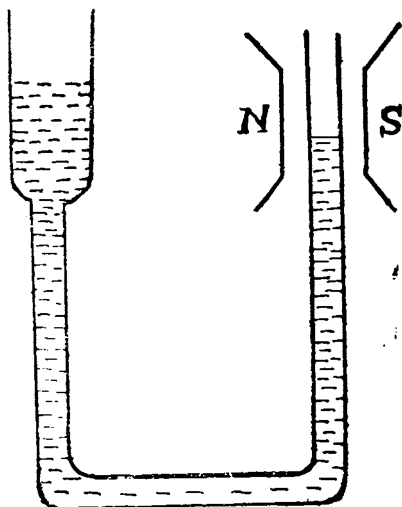
$$\therefore \text{ ଚାପ } p = \frac{F}{A} = \frac{(\mu_2 - \mu_1)\ H^2}{8\pi} \quad ... \quad ... \quad (3.15)$$

$$= \frac{1}{2}(k_2 - k_1)\ H^2 \quad .... \quad .... \quad (3.16)$$

ସୁତରାଂ କୌଣସି ସମ ବା ଲୌହ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଗୋଟିଏ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପିତ ହେଲେ ସମୀକରଣ (3·15)ରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ତାହା ଉପରେ ତାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦଗରେ ଏକ ଗୃପ ପ୍ରୟୋଗ ହେବ ଓ ଫଳରେ ତାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି-ପ୍ରାପ୍ତ ହେବା ସ୍ୱାଭାବିକ । ସମଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଯଦି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମରେ ରହିଥାଏ ତାହାହେଲେ ତାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟର କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏନାହିଁ, କାରଣ ଏଠାରେ $\mu_2 = \mu_1$ । କେତେକ ଲୌହଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ସ୍ଥାପିତ ହେଲେ ତାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ହ୍ରାସପାଏ । ଏହି ଘଟଣାକୁ **ଚୁମ୍ବକୀୟ ବକ୍ରତ** (Magnetostriction) କୁହାଯାଏ ।

3·8 ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବଣତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ (Determination of susceptibility of liquid) :

କ୍ୱିଙ୍କଙ୍କ ରୀତି--(Quincke's method)—ଏହି ରୀତି ଅବଲମ୍ବନ କରି ତରଳର ଆୟତନ ପ୍ରବଣତା (Volume susceptibility) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ଦତ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥକୁ ଗୋଟିଏ *U*--ଆକାରର ନଳମଧ୍ୟରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 3·14) ମଧ୍ୟରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉଚ୍ଚତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରାଯାଏ । ନଳର ଏକ ବାହୁ ପ୍ରଶସ୍ତ ଓ ଅନ୍ୟ ବାହୁ ସଙ୍କୀର୍ଣ୍ଣ । ସଙ୍କୀର୍ଣ୍ଣ ବାହୁକୁ ଗୋଟିଏ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । ତରଳପଦାର୍ଥର ମେନିସ୍କସ୍ (Meniscus) ଯେପରି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ସୁଷମ ଅଞ୍ଚଳରେ ରହେ ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦିଆଯାଏ । ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ତରଳ ଉପରେ ଏକ ଗୃପ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ତାହା ଫଳରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସମତଳ (Level) ତାହାର ଧର୍ମ ଅନୁଯାୟୀ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱଗାମୀ ବା ନିମ୍ନଗାମୀ ହୁଏ । ଯେଉଁ ଉଚ୍ଚତା ମଧ୍ୟଦେଇ ତରଳ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱକୁ ବା ନିମ୍ନକୁ ଯିବ ସେଥିରୁ ତାହାର ଗୃପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 3·14)

ଯେଉଁଠାରେ p=ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରୁଥିବା ଚାପ
h=ଉଚ୍ଚତା
ρ=ତରଳ ପଦାର୍ଥର ସାନ୍ଦ୍ରତା
g=ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ ତ୍ୱରଣ

$$\therefore\ p = h\rho g = \frac{1}{2}(k_2 - k_1) H^2$$

$$2h\rho g = (k_2 - k_1) H^2$$

$$\therefore\ k_2 = k_1 + \frac{2h\rho g}{H^2} \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad (3.17)$$

ସୁତରାଂ k_1, ρ, g ଜଣାଥିଲେ h ଓ H ମାପକରି k_2 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

3.9 ପ୍ରବଣତା K ଓ ସୁଭେଦ୍ୟତା μ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ରୀତି :

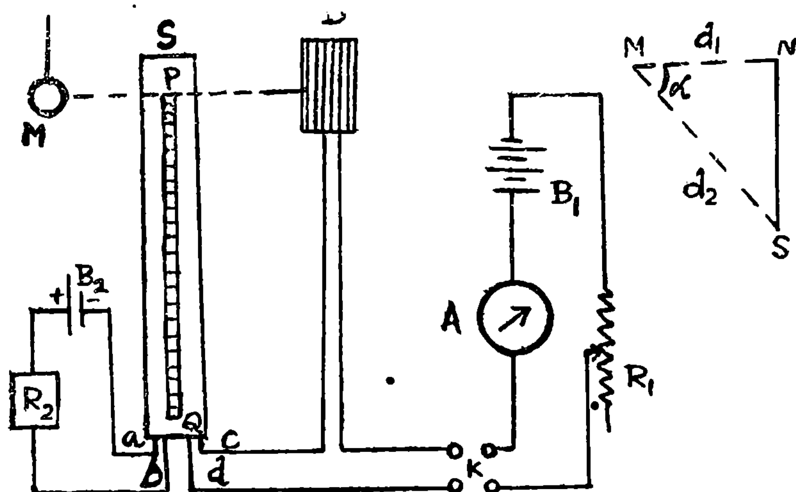
(i) ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର ରୀତି – ଦତ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଏକ ସୁଦୀର୍ଘ ଦଣ୍ଡ ବା ତାର ହୋଇଥିଲେ ଓ ତାହାର ମେରୁଦ୍ୱୟର ବିଚୁମ୍ବକନ କିମ୍ବା ଅତି ନଗଣ୍ୟ ହୋଇଥିଲେ ଏହି ରୀତି ଅବଲମ୍ବନ କରାଯାଏ ।

ଦତ୍ତ ଦଣ୍ଡ ବା ତାର PQ (ଚିତ୍ର ନଂ 3.15 (a) ଗୋଟିଏ ଭୂଲମ୍ବ ସଲେନଏଡ୍ S ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ । ଏହି ସଲେନଏଡର ତାର ଦତ୍ତ ଦଣ୍ଡଟିର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତର ସୀମା ଲଙ୍ଘନ କରିଥାଏ କାରଣ ଏହାଦ୍ୱାରା ସଲେନଏଡ୍ ତାରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ଦଣ୍ଡଟି ଏକ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସୁନିଶ୍ଚିତ ଭାବରେ ରହେ ।

ସଲେନଏଡ୍‌କୁ ରିଓଷ୍ଟାଟ୍ R_1, ଏମ୍‌ମିଟର A ଓ କମ୍ୟୁଟେଟର K ମଧ୍ୟଦେଇ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଏହି ସଲେନଏଡ୍ S ଉପରେ ଗୋଟିଏ ଅତିରିକ୍ତ ତାର ଗୁଡ଼ା ହୋଇଥାଏ ଓ ଏହି ତାରର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ abକୁ ରୋଧ R_2 ମଧ୍ୟ-ଦେଇ ବ୍ୟାଟେରୀ B_2 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଦ୍ୱିତୀୟ ତାରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଦିଗ ଓ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଏପରି ହୋଇଥାଏ ଯେ ଏହାଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ତାହା ଦଣ୍ଡ AB ମଧ୍ୟରେ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଂଶ ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ତାହାକୁ ଶିଥିଳ କରେ । ଦଣ୍ଡ PQର ଉପରପ୍ରାନ୍ତ P ସହିତ ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିଫଳନ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର M ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଥାଏ ।

ସଲେନଏଡ୍ Sର ତାର ସହିତ ଅନ୍ୟଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ D ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଏପରି ଭାବରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ଯେପରି ତାହାର ଅକ୍ଷ ଉପରେ P ଓ M ଉଭୟ ରହିବ । ସଲେନଏଡ୍‌ରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ କୁଣ୍ଡଳୀ

Dରେ ମଧ୍ଯ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ସଲେନଏଡ଼୍ S ଦ୍ଵାରା (ଦଣ୍ଡ PQର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ) ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର M



(ଚିତ୍ର ନଂ 3.15 (a)

ଉପରେ ତାହାର ପ୍ରଭାବ, ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କୁଣ୍ଡଳୀ D ଦ୍ଵାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ଚୁମ୍ବକ-କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରଭାବ ଦ୍ଵାରା ପ୍ରଶମିତ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ ଦଣ୍ଡ PQର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ M ନିକଟରେ ସଲେନଏଡ଼୍ S ଦ୍ଵାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା କୁଣ୍ଡଳୀ D ଦ୍ଵାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମାନ ଓ ବିପରୀତ ମୁଖୀ ।

ପ୍ରଥମେ ଦଣ୍ଡ PQକୁ ସଲେନଏଡ଼୍ ଭିତରୁ ବାହାର କରି ନିଆଯାଏ ଓ ପରି-ପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ କରାଇ ଦେଖାଯାଏ ଯେପରି ମାଗ୍ନେଟୋମିଟରରେ କୌଣସି ବିକ୍ଷେପ ନ ହୁଏ । ଏହାପରେ ଦଣ୍ଡ PQକୁ ଯଥା ସ୍ଥାନରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟରରେ ଯେଉଁ ବିକ୍ଷେପ ହେବ ତାହା କେବଳ ଦଣ୍ଡ PQରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଦ୍ଵାରା ହୋଇଥାଏ ।

ମନେକର, r = ଦଣ୍ଡ PQର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ
I = ଦଣ୍ଡର ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା
H_0 = ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ
H = ସଲେନଏଡ଼୍ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

PQ ଦଣ୍ଡର P ଓ Q ପ୍ରାନ୍ତରେ ଯଥାକ୍ରମେ N-ମେରୁ ଓ S-ମେରୁ (ଚିତ୍ର ନଂ 3.15-b) ଉପଜାତ ହେଉ ।

ପ୍ରତ୍ୟେକ ମେରୁର ପ୍ରାବଲ୍ୟ $= \pi r^2 I$

N-ମେରୁ ଯୋଗୁ M ନିକଟରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$= \frac{\pi r^2 I}{d_1^2}, \ \overrightarrow{NM} \text{ ଦିଗରେ}$$

S-ମେରୁ ଯୋଗୁଁ M ନିକଟରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତାର ଉପାଂଶ

$$= \frac{\pi r^2 I}{d_2^2} \cos\alpha, \ \overrightarrow{MN} \text{ ଦିଗରେ}$$

$$= \frac{\pi r^2 I}{d_2^2} \times \frac{d_1}{d_2}$$

M ନିକଟରେ ଉଭୟମେରୁ ଯୋଗୁ ମୋଟ ତୀବ୍ରତା—

$$F = \frac{\pi r^2 I}{d_1^2} - \frac{\pi r^2 I d_1}{d_2^3}$$

$$= I \pi r^2 \left[\frac{1}{d_1^2} - \frac{d_1}{d_2^3}\right] = I \times \frac{\pi r^2}{d_1^2}\left[1 - \frac{d_1^3}{d_2^3}\right] \quad .... \quad (3.18)$$

ମାଗ୍ନେଟୋମିଟରର ମୁଚୀ ଚୁମ୍ବକ ବର୍ତ୍ତମାନ ପରସ୍ପର ସମକୋଣରେ ଥିବା ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର F ଓ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ H_0 ଦ୍ୱାରା ବିକ୍ଷେପିତ ହେବ । ମନେକର ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର ବିକ୍ଷେପ $= \theta$

$$F = H_0 \tan\theta \quad .... \quad (3.19)$$

ସମୀକରଣ (3.18) ଓ (3.19) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$I = \frac{d_1^3 H_0 \tan\theta}{\pi r^2 \left[1 - \frac{d_1^3}{d_2^3}\right]} \quad .... \quad (3.20)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣର ଦକ୍ଷିଣପାର୍ଶ୍ବରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ରାଶି ମାପ କରାଯାଇ-ପାରେ ଓ ସୁତରାଂ I ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ପାରିବ ।

ଯଦି H_0 ଜଣା ନ ଥାଏ ତାହାହେଲେ ତାହା ନିମ୍ନଲିଖିତ ରୀତିରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ—

ବ୍ୟାଟେରି ସହିତ ସଲେନଏଡ୍‌ର ସଂଯୋଗ ଛିନ୍ନ କରି କେବଳ କୁଣ୍ଡଳୀ D ମଧ୍ୟରେ I_2 ଏମ୍‌ପିୟର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଇଲେ । ସେଥିଯୋଗୁ ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ M ନିକଟରେ ତାହାର ତୀବ୍ରତା—

$$F_1 = \frac{2\pi a^2 n_2 I_2}{10(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}} = H_0 \tan\theta_1 \quad \cdots \quad (3.21)$$

ଏଠାରେ, a = କୁଣ୍ଡଳୀ Dର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ
n_2 = କୁଣ୍ଡଳୀ Dର ଘେରା ସଂଖ୍ୟା
$x = M$ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀ Dର କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ
θ_1 = ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟରର ବକ୍ଷେପ

$$\therefore H_0 = \frac{2\pi a^2 n_2 I_2}{10(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}} \times \frac{1}{\tan\theta_1} \quad \cdots \quad (3.22)$$

H_0ର ଏହି ମାନ ସମୀକରଣ (3.20)ରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇ ପାରେ ।
PQ ଦଣ୍ଡକୁ ଚୁମ୍ବକିତ କରୁଥିବା ସଲେନଏଡ୍ର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$H = \frac{4\pi n_1 I_1}{10} \quad \cdots\cdot \quad (3.23)$$

ଏଠାରେ n_1 = ସଲେନଏଡ୍‌ର ଘେରାସଂଖ୍ୟା
I_1 = ସଲେନଏଡ୍‌ରେ ପ୍ରବାହ ମାତ୍ରା ।

ସୁତରାଂ I ଓ H ର ମାନ ଜାଣି ନିମ୍ନଲିଖିତ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ K, μ ଓ B ର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

ପ୍ରବଣତା $K = \frac{I}{H}$ $\cdots$ 3.24 (a)

ସୁଭେଦ୍ୟତା $\mu = 1 + 4\pi k$ $\cdots$ 3·24 (b)

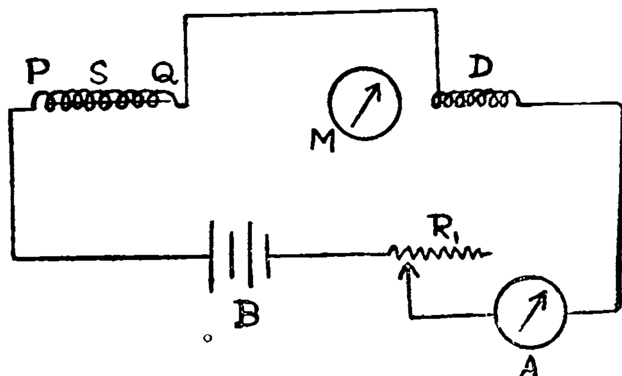
ପ୍ରେରଣ $B = H + 4\pi I$ $\cdots$ 3·24 (c)

ପରବର୍ତ୍ତିତ ରୀତି—

ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ପରବର୍ତ୍ତିତ ସ୍ଥିତି ଦ୍ୱାରା ମଧ୍ୟ I ଓ H ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

ଏହି ପରବର୍ତ୍ତିତ ସ୍ଥିତିରେ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟରର ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ A ଅବସ୍ଥାନରେ ତାହାର ଏକ ବାହୁ ଉପରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 3·16) ସଲେନଏଡ୍‌କୁ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ

ଚୁମ୍ବକାକ୍ଷ ମଧ୍ୟରେଖା ସହିତ ସମକୋଣରେ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀ Dକୁ ତାହାର ଅପର ବାହୁ ଉପରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ । ଏହି ବ୍ୟବସ୍ଥା ଦ୍ୱାରା ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଂଶ ଲୋପପାଏ ଓ ତାହାକୁ ଲୋପ କରିବା ପାଇଁ ସଲେନଏଡ୍‌ରେ ଅତିରିକ୍ତ ତାର କୁଣ୍ଡଳୀ ବ୍ୟବହାର କରିବା ପ୍ରୟୋଜନ ହୁଏ ନାହିଁ । ଏଠାରେ ମଧ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀ D ସଲେନଏଡ୍ S ସହିତ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 3 16)

ସଲେନଏଡ୍ S ମଧ୍ୟରେ ଦଣ୍ଡ PQ ନ ଥିବାବେଳେ S ଓ D ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ ଏପରି ବ୍ୟବସ୍ଥିତ ହୋଇଥାଏ ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ହେଲେ ସେମାନଙ୍କ ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ସେମାନଙ୍କର ତୀବ୍ରତା M ନିକଟରେ ପରସ୍ପର ସହିତ ସମାନ ଓ ବିପରୀତ ମୁଖୀ ହୁଅନ୍ତି । ବର୍ତ୍ତମାନ ଦଣ୍ଡ PQକୁ ସଲେନଏଡ୍ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପନ କରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଇଲେ PQ ଚୁମ୍ବକିତ ହେବ ଓ ତାହାର ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ଥିବା ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ ହେବ । ବର୍ତ୍ତମାନ PQ ଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁଁ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର ନିକଟରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$F_1 = \frac{2Md}{(d^2 - l^2)^2} = H_0 \tan\theta \qquad \ldots \qquad (3\ 2\ )$$

ଏଠାରେ, $M = PQ$ର ଚୁମ୍ବକାକ୍ଷ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ

$2l = PQ$ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ

$d = M$ ଓ ସଲେନଏଡ୍‌ର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ

$\theta =$ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ

PQର ଆୟତନ (Volume) $V = \pi r^2 \times 2l$

$$\therefore I = \frac{M}{V} = \frac{(d^2 - l^2)^2\ H_0 \tan\theta}{4d\pi r^2 l} \qquad \ldots \qquad (3.26)$$

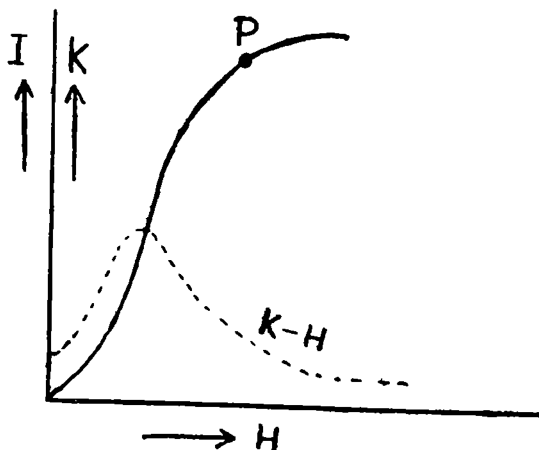
PQ କୁ ଚୁମ୍ବକିତ କରୁଥିବା ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$H = \frac{4\pi n_1 I_1}{10} \quad .... \quad (3.27)$$

ସୁତରାଂ I ଓ H ର ମାନ ଜାଣି μ, K ଓ B ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହେବ ।

ଚୁମ୍ବକନ ବକ୍ରରେଖା (Magnetisation curves) :

(a) **I-H ବକ୍ରରେଖା**—ପୂର୍ବ ଅନୁଚ୍ଛେଦରେ ବର୍ଣ୍ଣିତ କରାଯାଇଥିବା ବ୍ୟବସ୍ଥାରେ ପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ରୋଧ R_1ର ମାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ଯଦି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ମାତ୍ରା ଶୂନ୍ୟ ମାନରୁ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପ୍ରବାହ ମାତ୍ରା I_1 ପାଇଁ ଦଣ୍ଡ PQକୁ ଚୁମ୍ବକିତ କରୁଥିବା ସଲେନଏଡ଼୍ର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର H $\left(=\frac{4\pi n_1 I_1}{10}\right)$ ର ଓ ଚୁମ୍ବକର ତୀବ୍ରତା Iର ମୂଲ୍ୟ ନିରୂପଣ କରାଯାଇପାରେ । ବର୍ତ୍ତମାନ Iର ବିଭିନ୍ନ ମାନ ଓ ତାହାର ଅନୁରୂପ H ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଗ୍ରାଫ୍ (graph) ଅଙ୍କନ କଲେ $I-H$ ଚୁମ୍ବକନ ବକ୍ରରେଖା (ଚିତ୍ର ନଂ 3·17) ମିଳିବ । ଏହି ଗ୍ରାଫ୍‌ରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ Hର ମାନ କମ୍ ହୋଇଥିବାବେଳେ ବକ୍ର-ରେଖାର କ୍ରମାବନତ (Slope) କମ୍ ଓ Hର ମାନ ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ P ବିନ୍ଦୁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ



(ଚିତ୍ର ନଂ 3·17)

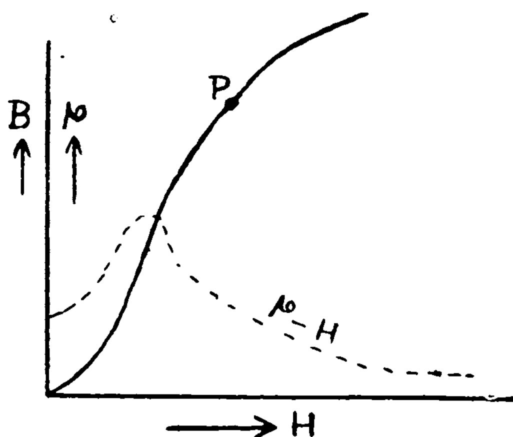
କ୍ରମାବନତ ଉନ୍ନତ (Slope steepens) ହୁଏ ଓ ପରିଶେଷରେ P ବିନ୍ଦୁ ଅତିକ୍ରମ କରିବା ପରେ H ବୃଦ୍ଧିପ୍ରାପ୍ତ ହେଲେମଧ୍ୟ Iର ମାନ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ହୁଏ । ଏଠାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ PQ ତାହାର ଚୁମ୍ବକୀୟ ସଂତୃପ୍ତତା ଲାଭକରେ । ଏହି ବକ୍ରରେଖାର ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବଣତା $k=\frac{I}{H}$; ତେଣୁ ବକ୍ରରେଖାର ବିଭିନ୍ନ ବିନ୍ଦୁରେ Kର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି $K-H$ ଲେଖଚିତ୍ର ଅଙ୍କନ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ଗ୍ରାଫ୍ ଚିତ୍ର ନଂ 3.17

ରେ ବିନ୍ଦୁରେଖାଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏହି ବକ୍ରରେଖାରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର k ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ନୁହେଁ ; ତାହା Hର ମାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । $I-H$ ବକ୍ରରେଖାର ସର୍ବାଧିକ କ୍ରମାବନତ ଅଞ୍ଚଳରେ $\frac{dI}{dH}$ = ସର୍ବୋଚ୍ଚ ; ସୁତରାଂ $I-H$ ବକ୍ରରେଖାର ସର୍ବାଧିକ କ୍ରମାବନତ ଅଞ୍ଚଳରେ Kର ମାନ ସର୍ବାଧିକ ।

(୮) $B-H$ ବକ୍ରରେଖା—

$$\text{ପ୍ରେରଣ } B = H + 4\pi I$$

ସୁତରାଂ $I-H$ ବକ୍ରରେଖାର ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ H ଓ Iର ମାନରୁ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରେରଣ B ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ବର୍ତ୍ତମାନ ବିଭିନ୍ନ H ଓ ଅନୁରୂପ B ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କଲେ ଏକ ବକ୍ରରେଖା ମିଳେ । ଏହାକୁ $B-H$ ବକ୍ରରେଖା କୁହାଯାଏ । ଚିତ୍ର ନଂ 3.18ରେ ଏହା ପୂର୍ଣ୍ଣ-ରେଖାଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ ମଧ୍ୟ Hର ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ (P ବିନ୍ଦୁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ) B ବୃଦ୍ଧିପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ଓ P ବିନ୍ଦୁ ଅତିକ୍ରମ କରିବା ପରେ B ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ହୁଏ ଓ ପଦାର୍ଥଟି ସମ୍ପୃକ୍ତତା ଲାଭକରେ । $B-H$



(ଚିତ୍ର ନଂ 3.18)

ବକ୍ରରେଖାର ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ $\mu = \frac{B}{H}$; ତେଣୁ ବିଭିନ୍ନ ବିନ୍ଦୁରେ μ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି $\mu-H$ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କରାଯାଇପାରେ । ଏହା ଚିତ୍ର ନଂ 3.18 ରେ ବିନ୍ଦୁରେଖାଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର μ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ନୁହେଁ । $B-H$ ବକ୍ରରେଖାର ସର୍ବାଧିକ କ୍ରମାବନତ ଅଞ୍ଚଳରେ $\frac{dB}{dH}$ = ସର୍ବୋଚ୍ଚ ; ସୁତରାଂ $B-H$ ବକ୍ରରେଖାର ସର୍ବାଧିକ କ୍ରମାବନତ ଅଞ୍ଚଳରେ μର ମାନ ସର୍ବାଧିକ ।

$I-H$ ବା $B-H$ ବକ୍ରରେଖା ଅଙ୍କନ କରିବାବେଳେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସତର୍କତା ଅବଲମ୍ବନ କରିବା ଅତ୍ୟନ୍ତ ପ୍ରୟୋଜନ—

(1) ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା କ୍ରମେ କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧି ବା ହ୍ରାସ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

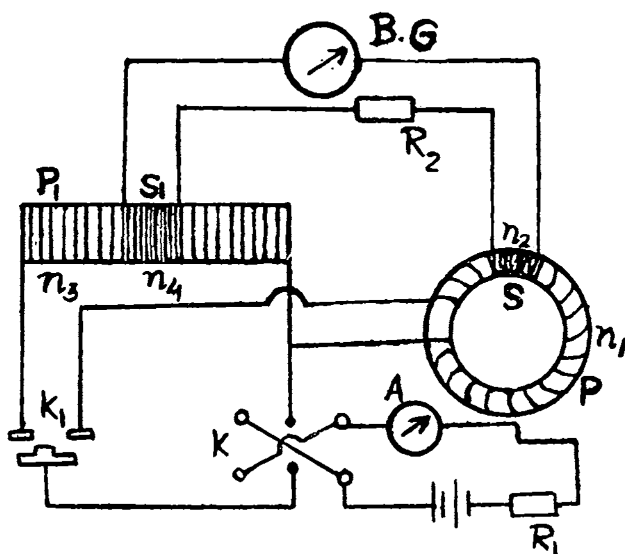
(2) ସଲେନଏଡ୍ ବା ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥଟିକୁ ହଲାଇବା ଉଚିତ ନୁହେଁ କାରଣ ତାହାଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ।

(3) ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଦଣ୍ଡର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ଉପଜାତ ହୁଏ ତାହାର ବିଚୁମ୍ବକୀକରଣ କ୍ରିୟା ବିଚାରକୁ ନେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

(4) ଦଣ୍ଡ ଦଣ୍ଡର ଉପର ପ୍ରାନ୍ତରେ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର ସମତଳରେ ରହିବା ଉଚିତ ।

(2) ପ୍ରାକ୍ଷେପକ ବା ରାଉଲେଣ୍ଡ ବଳୟ ରୀତି (Ballistic or Rowland ring method) :—

କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର μ ବା k ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର ରୀତି ଅବଲମ୍ବନ କରିବାବେଳେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଅସୁବିଧାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହେବାକୁ



(ଚିତ୍ର ନଂ 3.19)

ହୁଏ, ଯଥା :—(i) ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦଣ୍ଡ PQରେ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ମେରୁର ଅବସ୍ଥାନ ସଠିକ ଜଣାଯାଏ ନାହିଁ ଓ (ii) ସଲେନଏଡ୍‌ର ପାର୍ଶ୍ୱଭାଗରୁ ଚୁମ୍ବକ

ପ୍ରବାହ (magnetic flux)ର କ୍ଷରଣ (Leakage) ଯୋଗୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦଣ୍ଡର ମଧ୍ୟଭାଗରେ ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ । ଏହିସବୁ ଅସୁବିଧା ଦୂର କରିବାପାଇଁ ନମୁନା ପଦାର୍ଥଟିକୁ ଗୋଟିଏ ବଳୟ ଆକାରରେ ନିଆଯାଏ ଓ ଚୁମ୍ବକ ପ୍ରବାହ ମାପ କରିବାପାଇଁ ଗୋଟିଏ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର (Ballistic galvanometer) ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଏହି ରୀତି ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର ରୀତି ଅପେକ୍ଷା ଉତ୍କୃଷ୍ଟ ।

ବଳୟ ଆକାରର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 3.19) n_1 ଘେର ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ପ୍ରାନ୍ତହୀନ (Endless) ସଲେନଏଡ୍ P ଗୁଡ଼ାହୋଇଥାଏ । ଏହା ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ବଳୟ ପଦାର୍ଥଟି ଚୁମ୍ବକିତ ହୁଏ । ବଳୟ ଉପରେ n_2 ଘେରବିଶିଷ୍ଟ ଅନ୍ୟଏକ ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳୀ S ମଧ୍ୟ ଗୁଡ଼ାହୋଇଥାଏ । ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀ ଗୋଟିଏ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G ଓ ରୋଧ R_2 ମଧ୍ୟଦେଇ ଅନ୍ୟଏକ ସଳଖ ସଲେନଏଡ଼ P_1ର ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳୀ S_1 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ।

ପ୍ରଥମେ ଚାବି K_1 ସାହାଯ୍ୟରେ ବଳୟ ଉପରେ ଗୁଡ଼ାହୋଇଥିବା ପ୍ରାଥମିକ କୁଣ୍ଡଳୀ P ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $H=\frac{4\pi n_1 I_1}{10}$,

(ଏଠାରେ I_1 = ଏମ୍‌ମିଟର A ଦର୍ଶାଉଥିବା ପ୍ରବାହ n_1 = Pର ଘେରସଂଖ୍ୟା)

ଏହି ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳଦ୍ୱାରା ବଳୟଟି ଚୁମ୍ବକିତ ହୁଏ ଓ ତାହା ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳୀ S ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଚୁମ୍ବକପ୍ରବାହ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ।

ମନେକର ବଳୟ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ = B

ଓ ବଳୟର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ = A

∴ ଚୁମ୍ବକ ପ୍ରବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ = BA

ଏହାଦ୍ୱାରା ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳୀ S (ଘେରସଂଖ୍ୟା n_2) ସହିତ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ପ୍ରକ୍ଷେପକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ମୋଟ ଚାର୍ଜ $=\frac{BAn_2}{R}$

(ଏଠାରେ R = ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳୀ Sର ମୋଟ ରୋଧ)

ଏହି ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଯଦି ପ୍ରକ୍ଷେପକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ θ ହୁଏ

ତାହାହେଲେ $\frac{BAn_2}{R}=k\theta\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$ ... ... (i)

[ଏଠାରେ, λ = ଲଗାରିଥ୍‌ମୀୟ ହ୍ରାସ
K = ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ଧ୍ରୁବାଙ୍କ]

ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ K, ସଲେନଏଡ୍‌ P_1 ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ମନେକର P_1ର ଏକ ସେ: ମି: ପ୍ରତି ଘେରାସଂଖ୍ୟା n_3 ଓ S_1ର ମୋଟ ଘେରାସଂଖ୍ୟା n_4 । ଗୃହ K_1 ସାହାଯ୍ୟରେ P_1 ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଇଲେ ତିନ୍ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ତାହାର ତୀବ୍ରତା

$$= \frac{4\pi n_3 I_2}{10};$$

[$I_2 = P_1$ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ମାତ୍ରା]

∴ ଏହା ଫଳରେ ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳୀ S_1 ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ଚୁମ୍ବକ ପ୍ରବାହ $= \frac{4\pi n_3 I_2 n_4 \alpha}{10}$

[ଏଠାରେ, α = ଦ୍ୱିତୀୟକ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ]

ଏହି ଚୁମ୍ବକ ପ୍ରବାହ (Flux) ଫଳରେ ଏକ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାଳକ ବଳ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ଓ ତାହାଦ୍ୱାରା ପ୍ରକ୍ଷେପକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ଚାର୍ଜ $= \frac{4\pi n_3 n_4 \alpha I}{10R}$

ଏହି ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଯଦି ପ୍ରକ୍ଷେପକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ପ୍ରକ୍ଷେପ θ_1 ହୁଏ ତାହା'ହେଲେ

$$\frac{4\pi n_3 n_4 \alpha I_2}{10R} = K\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right) \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(ii)}$$

ସମୀକରଣ (i) ଓ (ii) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\frac{10\ BA\ n_2}{4\pi n_3 n_4 \alpha I_2} = \frac{\theta}{\theta_1}$$

$$\therefore\ B = \frac{4\pi n_3 n_4 \alpha I_2}{10 A n_2} \times \theta_1 \text{ ଗସ୍} \quad \cdots \quad \cdots \quad (3.28)$$

ଏଠାରେ ଅନୁରୂପ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ

$$H = \frac{4\pi n_1 I_1}{10} \text{ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍} \quad \cdots \quad \cdots \quad (3{\cdot}29)$$

ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକ୍ଷେପ θ ଓ ବିଭିନ୍ନ ଏମ୍‌ମିଟର ପଠନ I_1ରୁ ଯଥାକ୍ରମେ ପ୍ରେରଣ B ଓ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ H ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

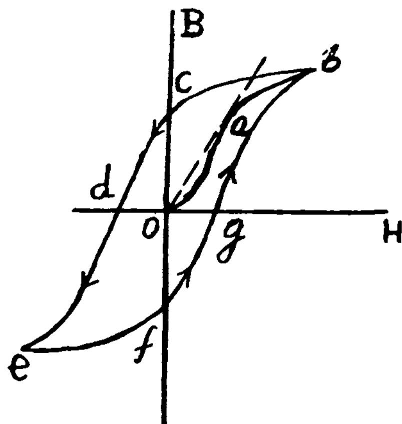
B ଓ H ସାଧାରଣତଃ (1) କ୍ରମଶଃ ରୀତି (By steps) ଓ (2) ପରିବର୍ତ୍ତନ ବା ଉତ୍କ୍ରମଣ ରୀତି (By reversal) ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ପ୍ରଥମ ରୀତିରେ କ୍ଷୀଣ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଇ ସେଥିଯୋଗୁଁ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ପ୍ରକ୍ଷେପ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ; ତାହାପରେ ସୂଚୀଟିକୁ (Needle) ଯନ୍ତ୍ର K_3 ଦ୍ୱାରା ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାକୁ

କିଆଯାଏ । ଏହାପରେ ପ୍ରବାହ ମାତ୍ରା ହଠାତ୍ ବୃଦ୍ଧି କରି ପୁନର୍ବାର ପ୍ରକ୍ଷେପ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ । ଏହିପରି ଭାବରେ ପ୍ରବାହର କ୍ରମିକ ବୃଦ୍ଧି ଓ ପ୍ରେରଣ ମାପ କରାଯାଏ । ପ୍ରତି ପ୍ରକ୍ଷେପକୁ ଓ ପ୍ରତି ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳକୁ ଯୋଗ କରି ଯଥାକ୍ରମେ ମୋଟ୍ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଓ ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳକ୍ଷେତ୍ର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ରୀତି ପ୍ରଥମ ରୀତିଠାରୁ ଉତ୍କୃଷ୍ଟ । ଏହି ରୀତିରେ ପ୍ରବାହ ମାତ୍ରାକୁ ହଠାତ୍ $+I_1$ ରୁ $-I_1$ କୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଏ ଓ ଏହା ଦ୍ୱାରା Hର କୌଣସି ମାନ ପାଇଁ Bର ମାନ ଓ ଗାଲଭାନୋମିଟରର ପ୍ରକ୍ଷେପ ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ହୋଇଯାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ Bର ମାନକୁ ଅଧା ନ କରି ମାନକ ପ୍ରକ୍ଷେପ θ_1 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାବେଳେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ $+I_2$ ରୁ $-I_2$ କୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଏ ଓ ଫଳରେ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତ $B=\frac{4\pi n_3 n_4 \propto I_2}{10An_2}\times\frac{\theta}{\theta_1}$ ରେ ଲବ ଓ ହର ଉଭୟ ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ହେଉଥିବାରୁ Bର ମାନରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ ।

ଗାଲଭାନୋମିଟର ପରିପଥରେ ଥିବା ରୋଧ R_2 ର ମାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ଗାଲଭାନୋମିଟରର ପ୍ରକ୍ଷେପ ସର୍ବୋଚ୍ଚ କରାଯାଏ ଓ ଏହି ରୋଧର ମାନ ପରବର୍ତ୍ତୀ ସମସ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କାଳରେ ସ୍ଥିରାଙ୍କ ରଖାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ ହଠାତ୍ $+I_1$ ରୁ $-I_1$ ଓ $-I_1$ ରୁ $+I_1$ କରି ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରକ୍ଷେପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଓ ସେମାନଙ୍କର ମାଧ୍ୟମାନ ନିଆଯାଏ । ରିଓଷ୍ଟାଟ୍ R_1 ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଊଣା କରି ପ୍ରବାହକୁ ପୁନର୍ବାର ଓଲଟପାଲଟ କରାଯାଏ ଓ ବିକ୍ଷେପ ମାପ କରାଯାଏ । ଏହିପରି ଭାବରେ R_1 ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଖୁବ୍ କ୍ଷୀଣ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହି ରୀତିର ପୁନରାବୃତ୍ତି କରାଯାଏ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ θ ମାନରୁ B ଓ ପ୍ରବାହ I_1ର ମାନରୁ H ଜାଣି B ଓ H ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କରାଯାଇ ପାରେ । ତାହା (ଚିତ୍ର ନଂ 3·20) Oab ପୂର୍ଣ୍ଣ ବକ୍ରରେଖା ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ବକ୍ରରେଖା ପ୍ରତି ଗ୍ରାଫ୍‌ର ଉତ୍ପତ୍ତି (Origin) ସ୍ଥଳରେ ସ୍ପର୍ଶକର ନତକୋଣ (Slope) ପଦାର୍ଥର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସୁଭେଦ୍ୟତା ଓ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ନତକୋଣ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ସୁଭେଦ୍ୟତାର ମାପ ଅଟେ ।

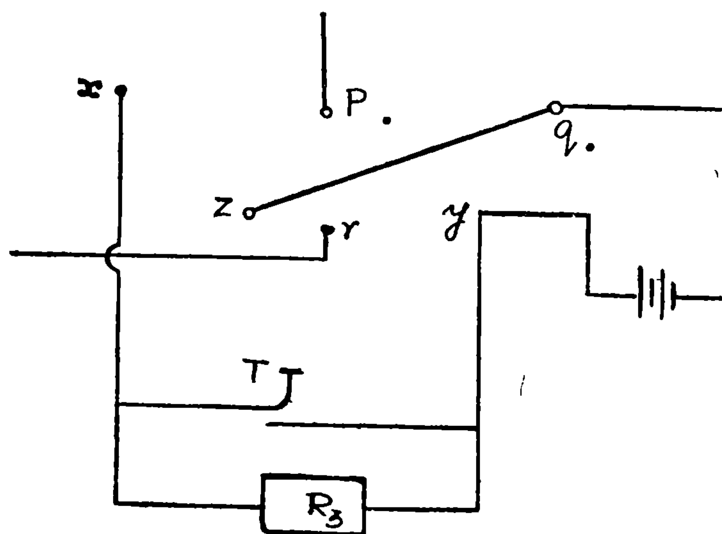


(ଚିତ୍ର ନଂ 3·20)

ପ୍ରକ୍ଷେପ ରୀତିଦ୍ୱାରା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଶୈଥିଲ୍ୟ ବକ୍ର ବା ଲୁପ ଅଙ୍କନ କରାଯାଇ

ପାରେ ନାହିଁ । ଏହାଦ୍ୱାରା ବିଭିନ୍ନ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ H ପାଇଁ କେବଳ ଚକ୍ର (Cycle)ର ଅଗ୍ରଭାଗ (tip) ଦେଇ ଯାଉଥିବା ବକ୍ରରେଖା ମିଳେ । ତେଣୁ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ କେବଳ Oab ବକ୍ରରେଖା ମିଳେ; ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ O bcdefgb ବକ୍ରରେଖା (ଚିତ୍ର ନଂ 3·20) ମିଳେ ନାହିଁ ।

ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଶୈଥିଲ୍ୟ ବକ୍ର ଅଙ୍କନ କରିବା ପାଇଁ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଉଇଲସନ୍ ଗୃହ Kର (ଚିତ୍ର ନଂ 3.19) ଆଂଶିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରିଥିଲେ ଓ ଏହି ଆଂଶିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଚିତ୍ର ନଂ 3.21ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ ପୋଲ୍ କମ୍ୟୁଟେଟରର ପରିବାଷ୍ଟ xy ସ୍ଥାନରେ ଗୋଟିଏ ରିଓଷ୍ଟାଟ୍ R_3 ଦିଆଯାଏ ଓ R_3 କୁ ପରିପଥରୁ ଅନ୍ତର କରିବା ପାଇଁ



(ଚିତ୍ର ନଂ 3·21)

T ଦ୍ୱାରା ଏକ ସମୀପ ପରିପଥ (Short circuit)ର ମଧ୍ୟ ବ୍ୟବସ୍ଥା ଥାଏ । ପ୍ରଥମେ T କୁ ଟିପି କମ୍ୟୁଟେଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ $+I_1$ ରୁ $-I_1$ କରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ T ନିକଟରେ ସଂଯୋଗ ଛିନ୍ନ କଲେ ପରିପଥରେ ରୋଧ R_3 ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ହୁଏ ଓ ତେଣୁ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ ପାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ପ୍ରତ୍ୟକ୍ଷ (Direct) ଓ ବିପରୀତ (Reverse) ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ପରସ୍ପରଠାରୁ ଭିନ୍ନ ହୁଏ ଓ ଫଳରେ ଗ୍ରାଫ୍‌ର (ଚିତ୍ର ନଂ 3·20) b c d e ଅଂଶ ମିଳେ । ଶୈଥିଲ୍ୟ ଲୁପ୍‌ର ଅପର ଅଂଶ e f g b ଏହାପରେ ସମମିତ ବିଧି (Symmetrical method) ଦ୍ୱାରା ଅଙ୍କନ କରାଯାଇ ପାରେ ।

ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର ରୀତି ତୁଳନାରେ ପ୍ରକ୍ଷେପ ରୀତିର ସୁବିଧା ଓ ଅସୁବିଧା :—

(a) **ସୁବିଧା** (Advantages)—(1) ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲଭାନୋମିଟର ରୀତିରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏନାହିଁ ଓ ତେଣୁ ଏଠାରେ ମେରୁର ବିଚୁମ୍ବକୀକରଣ ପ୍ରଭାବ ନ ଥାଏ ।

(2) ବିକ୍ଷେପ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର ବାହ୍ୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଶାନ୍ତି (Disturbances) ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ କିନ୍ତୁ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲଭାନୋମିଟର ଏହା ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ ନାହିଁ ।

(b) **ଅସୁବିଧା** (Disadvantages)—ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର ରୀତିରେ ଗୋଟିଏ ସଲେନଏଡ୍ ବ୍ୟବହାର କରି ବିଭିନ୍ନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର μ ଓ k ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରକ୍ଷେପ ରୀତିରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ନମୁନା ପାଇଁ ପୃଥକ କୁଣ୍ଡଳୀ (Winding) ଆବଶ୍ୟକ । ପ୍ରକ୍ଷେପ ରୀତିରେ ଚୁମ୍ବକନ ଚକ୍ରର ଅଂଶଗୁଡ଼ିକ ଅବିରତ (Continuous) ନୁହେଁ; ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିଭିନ୍ନ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳପାଇଁ ଚକ୍ରର ଅଗ୍ରଭାଗ ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଉଥିବା ବକ୍ରରେଖା ମିଳେ ।

ଯେତେବେଳେ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ କ୍ଷୀଣ ଓ ନମୁନାର ବିସ୍ତୃତି ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ସେତେବେଳେ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ପ୍ରବାହ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଲେ ପ୍ରେରଣର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ମାନ ମିଳେନାହିଁ ଓ ଏହି ଘଟଣାକୁ **ଚୁମ୍ବକୀୟ ସାନ୍ଦ୍ରତା** (Magnetic Viscosity) କୁହାଯାଏ । ଏଠାରେ ସମୟର ପଶ୍ଚାଦ୍‌ବର୍ତ୍ତୀତା ଏପରି ଅସାଧାରଣ ହୋଇଥାଏ ଯେ ପ୍ରକ୍ଷେପ ରୀତିଦ୍ୱାରା ମଧ୍ୟ ସୁଭେଦ୍ୟତାର ସଠିକମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ନାହିଁ ।

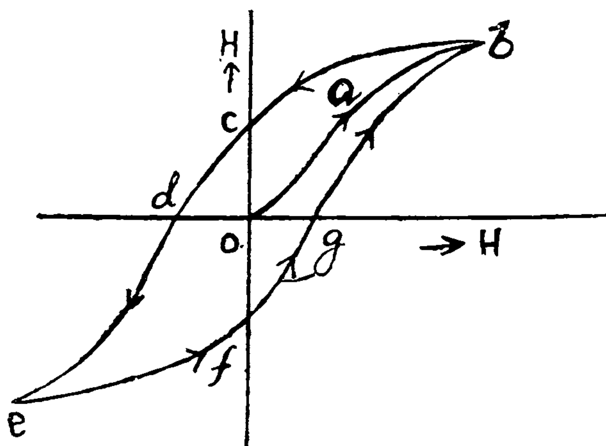
3·10 **ଚୁମ୍ବକୀୟ ଧାରଣକ୍ଷମତା ଓ ବଳପ୍ରବର୍ତ୍ତିତା** (Magnetic retentivity and coercivity) :

କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଉପଜାତ ହୁଏ, ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ ଅପସାରିତ ହେଲେ ପଦାର୍ଥର ସେହି ଚୁମ୍ବକତ୍ୱକୁ ବଜାୟ ରଖିବାର କ୍ଷମତାକୁ **'ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଧାରଣ କ୍ଷମତା'** (Remanence or Retentivity) କୁହାଯାଏ । ନରମ ଲୁହାର ଧାରଣ କ୍ଷମତା ଇସ୍ପାତ ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ । ଲୁହା ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳଦ୍ୱାରା ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ପ୍ରାୟ ଶତକଡ଼ା ୨0 ଧାରଣ କରି ରଖିପାରେ ।

ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକିତ ହୋଇଥିବା ଇସ୍ପାତ ଓ ଲୁହା ଉପରେ ଯଦି ବିଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ ଅର୍ଥାତ୍ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ ତାହା-ହେଲେ ଇସ୍ପାତ୍ ଅପେକ୍ଷା ଲୁହା ତାହାର ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଶୀଘ୍ର ହରାଏ । ବିଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ ଦ୍ୱାରା କୌଣସି ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ପୂର୍ବରୁ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଥିବା ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ବଜାୟ ରଖିବାର କ୍ଷମତାକୁ ସେହି ପଦାର୍ଥର **ବଳ ପ୍ରବର୍ତ୍ତୀତା** (Coercivity) କୁହାଯାଏ । ଯେଉଁ ବିଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳଦ୍ୱାରା ପଦାର୍ଥ ତାହାର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ହରାଏ ତାହା ବଳ ପ୍ରବର୍ତ୍ତୀତାର ମାପ ଓ ଏହି ବଳକୁ **ପ୍ରବର୍ତ୍ତକ ବଳ** କୁହାଯାଏ । ଲୁହା ଅପେକ୍ଷା ଇସ୍ପାତର ବଳପ୍ରବର୍ତ୍ତୀତା ଅଧିକ ।

3·11 ଚୁମ୍ବକନ ଚକ୍ର, ଶୈଥିଲ୍ୟ (Cycle of magnetisation, Hysteresis) :

କୌଣସି ଅଚୁମ୍ବକିତ ଲୌହଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ H ପ୍ରୟୋଗ କରି H $\left(=\frac{4\pi n_1 I_1}{10}\right)$ର ମାନ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧି କଲେ Hର ପ୍ରତ୍ୟେକ ମାନପାଇଁ ଅନୁରୂପ ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା I ସମୀକରଣ 3·20 ସାହାଯ୍ୟରେ ଓ ପ୍ରେରଣ B



(ଚିତ୍ର ନଂ 3·22)

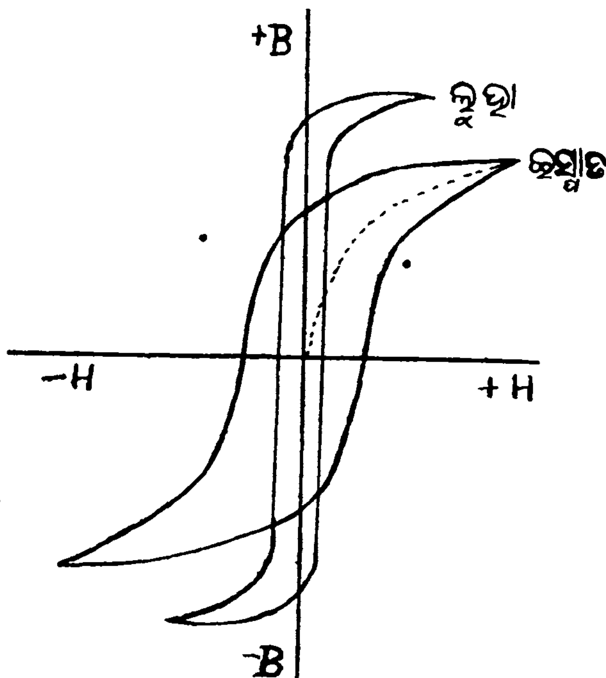
ସମୀକରଣ 3·24 (c) ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । Hର ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ I ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ $I-H$ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କଲେ ତାହା ଚିତ୍ର ନଂ 3·22ର ପ୍ରଦର୍ଶିତ Oab ବକ୍ରରେଖା ହେବ । O ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ $H=0$ ଓ

ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା $I=0$ । Hର ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ Iର ମାନ b ବିନ୍ଦୁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୃଦ୍ଧି-ପାଏ ଓ ତାହାପରେ H ବୃଦ୍ଧିକଲେ ମଧ୍ୟ I ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ହୁଏ । ସୁତରାଂ b ବିନ୍ଦୁରେ ପଦାର୍ଥଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ସନ୍ତୃପ୍ତତା ଲାଭକରେ । ବର୍ତ୍ତମାନ Hର ମାନ କ୍ରମେ ଶୂନ୍ୟମାନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ହ୍ରାସ କଲେ I ମଧ୍ୟ କ୍ରମେ ହ୍ରାସପାଏ ଓ ଚିତ୍ରରେ ତାହା bc ବକ୍ରରେଖା ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । C ବିନ୍ଦୁରେ Hର ମାନ ଶୂନ୍ୟ ହେଲେ ମଧ୍ୟ I ର ମାନ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ ନାହିଁ ଅର୍ଥାତ୍ $H=0$ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ପଦାର୍ଥଟି କିଛି ପରିମାଣ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଧାରଣ କରି ରଖେ (Retain) ଓ ଏହାକୁ ଅବଶିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ (Residual magnetism) କୁହାଯାଏ । $H=0$ ହୋଇଥିବାବେଳେ ଚିତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା କୋଟି Oc ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ବର୍ତ୍ତମାନ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ H ର ଦିଗ ବିପରୀତ କରି ବିପରୀତ ଦିଗରେ ତାହାର ମାନ d ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୃଦ୍ଧିକଲେ ବକ୍ରରେଖା cd ମିଳେ । d ବିନ୍ଦୁରେ ଯେତେବେଳେ ଚୁମ୍ବକୀ-କରଣ ବଳ Hର ମାନ Od ସେତେବେଳେ ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା $I=0$ ଅର୍ଥାତ୍ ପଦାର୍ଥଟି ତାହାର ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ହରାଏ । ଏଠାରେ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ Od କୁ **ପ୍ରବର୍ତ୍ତକ ବଳ** (Coercive force) କହନ୍ତି । H ର ମାନ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଆହୁରି ଅଧିକ ବୃଦ୍ଧିକଲେ e ବିନ୍ଦୁରେ ପଦାର୍ଥଟି ବିପରୀତ ଭାବରେ ତାହାର ଚୁମ୍ବକୀୟ ସନ୍ତୃପ୍ତତା ଲାଭ କରେ । ବର୍ତ୍ତମାନ Hର ମାନ O ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ହ୍ରାସ କଲେ ef ବକ୍ରରେଖା ମିଳେ ଓ ଯେତେବେଳେ $H=0$ ସେତେବେଳେ ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା ଶୂନ୍ୟ ନ ହୋଇ ବିପରୀତ ଭାବରେ କୋଟି Of ସହିତ ସମାନ ହୁଏ । Hର ମାନ ଯୁକ୍ତ ଦିଗରେ ପୁନର୍ବାର ବୃଦ୍ଧି କଲେ ତାହା ଯେତେବେଳେ Og ହୁଏ ସେତେବେଳେ $I=0$ ଓ H କୁ ଆହୁରି ବୃଦ୍ଧି କଲେ b ବିନ୍ଦୁରେ ପଦାର୍ଥଟି ସନ୍ତୃପ୍ତତା ଲାଭକରେ । ଏହିପରି ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଦ୍ୱାରା ପଦାର୍ଥଟି ତାହାର ସନ୍ତୃପ୍ତ ଅବସ୍ଥା b ବିନ୍ଦୁରୁ ବିଭିନ୍ନ ଚୁମ୍ବକନ ଅବସ୍ଥା ମଧ୍ୟଦେଇ ପୁନରାୟ b ବିନ୍ଦୁକୁ ଫେରି ଆସିବାକୁ **ଏକ ଚୁମ୍ବକନ ଚକ୍ର** (Cycle of magnetisation) କୁହାଯାଏ । ଚିତ୍ର ନଂ 3.22 ରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଏକ ଚୁମ୍ବକନ ଚକ୍ର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଆବର୍ତ୍ତିତ ହେବାବେଳେ $I-H$ ଲେଖା ଗୋଟିଏ ବନ୍ଦ ବକ୍ରରେଖା (closed curve) ବା ଲୁପ୍ (Loop) $bcdefgb$ ଅଙ୍କନ କରେ । ଏହି ଚିତ୍ରରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଯେତେବେଳେ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ H କୁ ହ୍ରାସ କରି ଶୂନ୍ୟ କରାଯାଏ ସେତେବେଳେ I ର ମାନ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏନାହିଁ, ଏହାର ମାନ ସେତେବେଳେ Oc । ପୁନଶ୍ଚ H ଯେତେବେଳେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ Od ସେତେବେଳେ I ର ମାନ ଶୂନ୍ୟ ଅର୍ଥାତ୍ I ସର୍ବଦା H ର ପଶ୍ଚାତ୍‌ବର୍ତ୍ତୀ । ଚୁମ୍ବକନ ଚକ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ H ତୁଳନାରେ ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା I ର ଏହି ପଶ୍ଚାତ୍-ପଦତାକୁ **ଚୌମ୍ବିକ ଶୈଥିଲ୍ୟ** (Hysteresis) ଓ $I=H$ ବନ୍ଦ ବକ୍ରରେଖା ବା ଲୁପ୍‌କୁ

(Loop) **ଶୈଥିଲ୍ୟ ବକ୍ର** (Hysteresis Loop) କୁହାଯାଏ । ଏହି ଲୁପ୍‌ର ଲକ୍ଷଣ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଉପାଦାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ଏବଂ ଏହା ଉର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଓ ନିମ୍ନ ଢଙ୍ଗରେ ଠିକ୍ ସମମିତ (Symmetrical) ହୋଇଥାଏ ।

ଯେହେତୁ $B = H + 4\pi I$ ସୁତରାଂ H ଓ I ଜଣାଥିଲେ B ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ହେବ ଓ $I - H$ ଲୁପ୍‌ ପରି H କୁ ଭୂଜ ଓ B କୁ କୋଟି ଧରି $B - H$ ଗ୍ରାଫ୍ (ଚିତ୍ର ନଂ 3.23) ଅଙ୍କନ କରାଯାଇପାରେ ଓ ଏହାକୁ $B - H$ **ଶୈଥିଲ୍ୟ ଲୁପ୍** କୁହାଯାଏ ।

ଚିତ୍ର ନଂ 3.23 ରେ ଇସ୍ପାତ ଓ ଲୌହର ଶୈଥିଲ୍ୟ ଲୁପ୍ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇ ଅଛି । ଏହି ଚିତ୍ରରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ ଇସ୍ପାତର ଶୈଥିଲ୍ୟ ଲୁପ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ନରମ ଲୁହା ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ । ଇସ୍ପାତର ପ୍ରବର୍ତ୍ତିକ ବଳ ମଧ୍ୟ ଲୁହା ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ । କିନ୍ତୁ ଅଳ୍ପ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ ଦ୍ୱାରା ଲୁହା ସଂପୃକ୍ତତା ଲାଭ କରେ ଓ ଇସ୍ପାତ ଅପେକ୍ଷା ଲୁହାର ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା I କିମ୍ବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ B ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 3.23)

3·12 ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ (Hysteresis Loss) :

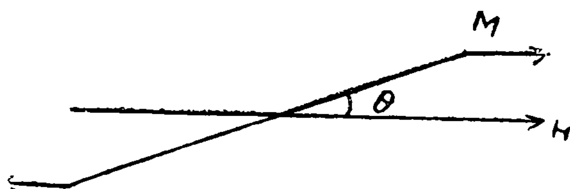
କୌଣସି ଲୌହଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥକୁ ଚୁମ୍ବକିତ କରିବା ପାଇଁ ଶକ୍ତି ପ୍ରୟୋଜନ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଶକ୍ତି ପଦାର୍ଥର ଅଣୁଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକୁ ଘୂରାଇ ରୈଖିକ ଢଙ୍ଗରେ ସଜାଇ

ରଖିବାରେ ବ୍ୟୟ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ପଦାର୍ଥକୁ ଚୁମ୍ବକିତ କରିବାପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନ ହେଉଥିବା ଶକ୍ତି, ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଅପସାରଣ କରି ତାହାକୁ ବିଚୁମ୍ବକିତ କରିବାବେଳେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପୁନରୁଦ୍ଧାର କରାଯାଇପାରେ ନାହିଁ କାରଣ ଯେତେବେଳେ H = 0 ସେତେବେଳେ ପଦାର୍ଥରେ କିଛି ପରିମାଣ ଅବଶିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ରହିଥାଏ । ଏହି ଅବଶିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱକୁ ବିଲୁପ୍ତ କରିବାପାଇଁ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ପ୍ରବର୍ତ୍ତକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାକୁ ହୁଏ । ସୁତରାଂ କୌଣସି ପଦାର୍ଥ ଏକ ଚୁମ୍ବକନ ଚକ୍ର ଅନୁସରଣ କରିବା ସମୟରେ କିଛି ପରିମାଣ ଶକ୍ତି ନଷ୍ଟ ହୁଏ ଓ ଏହି ଶକ୍ତି ତାପ ଆକାରରେ ପ୍ରକାଶ ପାଏ । ପ୍ରମାଣ କରାଯାଇପାରେ ଯେ ଅପଚୟ ହେଉଥିବା ଏହି ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ I – H ଶୈଥିଲ୍ୟ ଲୁପଦ୍ୱାରା ବେଷ୍ଟିତ ହେଉଥିବା କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ସହିତ ସମାନ ।

ଅପଚୟ ହେଉଥିବା ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ—

ଯଦି କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ ଏକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର H ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ପଦାର୍ଥକୁ ଗଠନ କରୁଥିବା ଅଣୁଚୁମ୍ବକଗୁଡ଼ିକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଦିଗରେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇ ରହିବାପାଇଁ ପ୍ରବୃତ୍ତ ହୁଅନ୍ତି ।

ମନେକର ନମୁନା ପଦାର୍ଥର କୌଣସି ଗୋଟିଏ ଅଣୁଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= M$ ଏବଂ ଅଣୁଚୁମ୍ବକର ଅକ୍ଷ ଓ ଚୁମ୍ବକିତ କରୁଥିବା ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର Hର ଦିଗ ମଧ୍ୟରେ ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ $= \theta$;



(ଚିତ୍ର ନଂ 3·2 ।)

$\therefore$ H ଦିଗରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର ସଂଯୋଜକ $= M \cos \theta$

H ଦିଗରେ ଏକକ ଆୟତନ ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ସମସ୍ତ ଅଣୁଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= \Sigma M \cos \theta = I$ (ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା)

ଅବକଳନ ଦ୍ୱାରା, $dI = -\Sigma M \sin \theta \, d\theta$

ଅଣୁଚୁମ୍ବକ ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= MH \sin \theta$

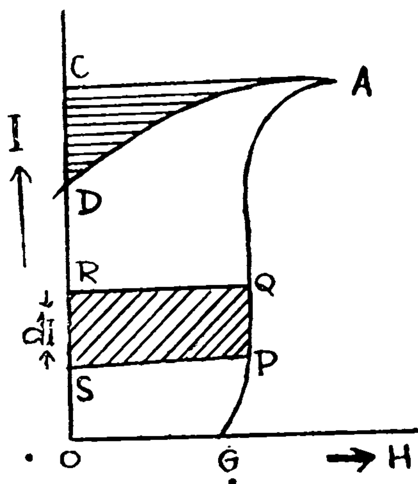
ସମଗ୍ର ଅଣୁଚୁମ୍ବକକୁ ଘୂରାଇବା ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ

$= \Sigma MH \sin\theta \, d\theta$

$= H dI$

$= I - H$ ଲୁପ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ

$PQRS$ (ଚିତ୍ର ନଂ 3·25)



(ଚିତ୍ର ନଂ 3·25)

ବର୍ତ୍ତମାନ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $OGPACDO$ କୁ $PQRS$ ସଦୃଶ ଅନେକଗୁଡ଼ିଏ କ୍ଷେତ୍ରଫଳରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇ ପାରେ । ସୁତରାଂ ପଦାର୍ଥକୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚୁମ୍ବକିତ କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ $= OGACO$ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ

ବିଚୁମ୍ବକନ ସମୟରେ ପୁନରୁଦ୍ଧାର କରି ଯାଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ $= ACD$ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ

$\therefore$ ଅପଚୟ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ = କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $OGACO$ − କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ACD

$= OGADO$ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ

$= I - H$ ଲୁପର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ

$$= \int_0 H dI$$

ଏହିପରି ଭାବରେ ଦର୍ଶାଇ ଦିଆଯାଇପାରେ ଯେ **ପଦାର୍ଥର ଏକକ ଆୟତନ ପ୍ରତି ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚୁମ୍ବକନ ଚକ୍ରଯୋଗୁ ଅପଚୟ ହେଉଥିବା ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ I − *H* ଶୈଥିଲ୍ୟ ଲୁପ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ସହିତ ସମାନ ।** ଯଦି ଅପଚୟ ଶକ୍ତି ଅକ୍ଷର W ଦ୍ୱାରା ସୂଚିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$W = \oint H dI \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (3·30)$$

ଏହାକୁ **'ଓ୍ୱାରବୁର୍ଗଙ୍କ ନିୟମ'** (Warburg's Law) କୁହାଯାଏ । ଅପଚୟ ହେଉଥିବା ଏହି ଶକ୍ତି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇ ତାପରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।

ଉତ୍ପନ୍ନ ତାପର ପରିମାଣ

$$= \frac{\text{ଶକ୍ତି ଅପଚୟ}}{J} = \frac{I - H \text{ ଲୁପର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ}}{4·2 \times 10^7} \text{ କ୍ୟାଲୋରି,}$$

$I-H$ ଲୁପ୍ ପରିବର୍ତ୍ତେ $B-H$ ଲୁପ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ମଧ୍ୟ ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

ଆମେ ଜାଣୁ $B=H+4\pi I$

$\therefore\ dB=dH+4\pi dI$

ତେଣୁ $\oint HdB=\oint HdH+\oint 4\pi HdI$

$$=4\pi\oint HdI \quad \ldots \quad \ldots \quad (3.31)$$

[$\because$ H – H ମଧ୍ୟରେ ଅଙ୍କିତ ଲେଖାଚିତ୍ର ଏକ ସରଳରେଖା ଓ

ସୁତରାଂ $\oint HdH=0$]

ସମୀକରଣ (3·28) ଓ (3·29) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\oint HdI=\frac{1}{4\pi}\oint HdB \quad \ldots. \quad \ldots. \quad (3.32)$$

ସୁତରାଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର **ଏକକ ଆୟତନ ପ୍ରତି ଏବଂ ଏକ ଚୁମ୍ବକନ ଚକ୍ରପାଇଁ ଅପଚୟ ହେଉଥିବା ଶକ୍ତି ଅର୍ଥାତ୍ ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ** (Hysteresis Loss) **ସେହି ପଦାର୍ଥର $B-H$ ଲୁପ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳର $\frac{1}{4\pi}$ ଗୁଣ ଅଟେ ।** ଅପଚୟ ହେଉଥିବା ଏହି ଶକ୍ତି ପଦାର୍ଥର ତାପ ଆକାରରେ ପ୍ରକାଶ ପାଏ ।

ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟଦ୍ୱାରା ପଦାର୍ଥର ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି :

ମନେକର, ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $=m$ ଗ୍ରାମ୍

ଓ ସାନ୍ଦ୍ରତା $=\rho$

$\therefore$ ପଦାର୍ଥର ଆୟତନ $V=\frac{m}{\rho}$

ପଦାର୍ଥର ଏକକ ଆୟତନ ପ୍ରତି ଏକ ଚୁମ୍ବକନ ଚକ୍ରପାଇଁ ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ

= ଶୈଥିଲ୍ୟ ଲୁପ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $=x$ ଅର୍ଗ (ମନେକର)

ଯଦି ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ଚୁମ୍ବକନ ଚକ୍ରର ସଂଖ୍ୟା $=f$ ହୁଏ

ତାହାହେଲେ ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ

$$=Vfx=\frac{m}{\rho}\times fx$$

ଯଦି ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ ଯୋଗୁ ପଦାର୍ଥର ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି $=\theta$ ହୁଏ

ଓ ପଦାର୍ଥର ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ (Sp. heat) $=s$ ହୁଏ

$$\therefore \quad J\,ms\,\theta=\frac{m}{\rho}\times fx$$

$$\therefore \quad \theta=\frac{fx}{J\rho s}$$

t ସେକେଣ୍ଡରେ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି $=\dfrac{fxt}{J\rho s}$

ଉଦାହରଣ 1 :—ସାନ୍ଦ୍ରତା 8 ଗ୍ରାମ୍/ଘ: ସେ: ମି: ଓ ବସ୍ତୁତ୍ୱ 1 କିଲୋଗ୍ରାମ୍ ବିଶିଷ୍ଟ ଖଣ୍ଡିଏ ଲୌହ ଦଣ୍ଡକୁ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି 30 ଆବର୍ତ୍ତନ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଗଲେ ତାହାର $I-H$ ଲୁପ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 36000 ଅର୍ଗ ହୁଏ । 30 ସେକେଣ୍ଡରେ ପଦାର୍ଥର ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ $I-H$ ଲୁପ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $=x=36000$ ଅର୍ଗ/ଘ: ସେ:

$m=10^3$ ଗ୍ରାମ୍

$\rho=8$ ଗ୍ରାମ୍/ଘ: ସେ:

$f=30$

ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ଶକ୍ତି ଅପଚୟ

$$=\frac{m}{\rho}\times f\times x \text{ ଅର୍ଗ}$$

$$=\frac{10^3\times 30\times 36000}{8} \text{ ଅର୍ଗ}$$

30 ସେକେଣ୍ଡରେ ଶକ୍ତି ଅପଚୟ

$$=\frac{10^3\times 30\times 30\times 36000}{8} \text{ ଅର୍ଗ}$$

$$=10^3\times 30\times 30\times 4500$$

$$=4{\cdot}05\times 10^9 \text{ ଅର୍ଗ}$$

ଉଦାହରଣ 2 :—ସାନ୍ଦ୍ରତା 7.7 ଗ୍ରାମ/ଘ: ସେ: ଓ ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ (Sp. heat) 0 11 ବିଶିଷ୍ଟ ଖଣ୍ଡିଏ ଲୌହ ଦଣ୍ଡକୁ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି 60 ଆବର୍ତ୍ତନ (Cycle) ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଗଲେ ତାହାର $I-H$ ଲୁପ୍‌ର

କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଯଦି 20000 ଅର୍ଗ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଏକ ମିନଟ୍‌ରେ ଦଣ୍ଡଟିର ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି କେତେ ହେବ ? ($J = 4.2 \times 10^7$ ଅର୍ଗ/କ୍ୟାଲୋରି)

ଏଠାରେ I – H ଲୁପ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ$= x = 20000$ ଅର୍ଗ/ଘ: ସେ:

$t = 60$ ସେକେଣ୍ଡ

$f = 60$

$\rho = 7.7$ ଗ୍ରାମ୍/ଘ: ସେ: ମି:

ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ $s = 0.11$ କ୍ୟାଲୋରି/ଡିଗ୍ରୀ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍

$J = 4.2 \times 10^7$ ଅର୍ଗ/କ୍ୟାଲୋରି

$\therefore$ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି $\theta = \frac{fxt}{J\rho s} = \frac{60 \times 20000 \times 60}{4.2 \times 10^7 \times 7.7 \times 0.11}$

$= 2°$ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍

3·13 ଶୈଥିଲ୍ୟ ବକ୍ରର ବ୍ୟାବହାରିକ ପ୍ରୟୋଗ :

ଶିଳ୍ପ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ବହୁ ଦୈନନ୍ଦିନ ବ୍ୟବହାର୍ଯ୍ୟ ଯନ୍ତ୍ରପାତି ନିର୍ମାଣରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ଏବଂ ଏହିସବୁ ଯନ୍ତ୍ରର କାର୍ଯ୍ୟ ଅନୁଯାୟୀ ସେଥିରେ କେଉଁ ପ୍ରକାର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ବ୍ୟବହାର କରାଯିବ ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦେବା ପ୍ରୟୋଜନ ହୋଇଥାଏ । ବିଭିନ୍ନ ଯନ୍ତ୍ରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଧର୍ମ ଓ ପ୍ରକୃତି ସମ୍ବନ୍ଧରେ ସେମାନଙ୍କର ଶୈଥିଲ୍ୟ ବକ୍ର ବହୁ ତଥ୍ୟ ଯୋଗାଇ ଦିଏ । ଯନ୍ତ୍ରପାତି ନିର୍ମାଣ ସମୟରେ ସାଧାରଣତଃ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପ୍ରେରଣ, ଅବଶିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ, ବକ୍ରର ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ ଓ ପଦାର୍ଥର ନିଜପ୍ରବର୍ତ୍ତିତା ପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦିଆଯାଇଥାଏ । ନିମ୍ନରେ କେତେକ ଯନ୍ତ୍ରପାତି ଓ ସେଥିରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଧର୍ମ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଆଲୋଚନା କରାଯାଇଅଛି ।

(i) ଟ୍ରାନ୍‌ସଫର୍‌ମର, ମୋଟର, ଡାଇନାମୋ ଇତ୍ୟାଦିର ଅନ୍ତର (Core) ଓ ଟେଲିଫୋନ୍ ମଧ୍ୟଚ୍ଛେଦ (Diaphragm) :—

ଟ୍ରାନ୍‌ସଫର୍ମର ଅନ୍ତର ବା ମୋଟର, ଡାଇନାମୋ ଇତ୍ୟାଦିର ଆର୍ମେଚର୍‌ର ଅନ୍ତର ବା ଟେଲିଫୋନ ମଧ୍ୟଚ୍ଛେଦ ଇତ୍ୟାଦିରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇଥାଏ ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକ ପ୍ରବାହ (Flux) ଅବିରତ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ତେଣୁ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଗୁଡ଼ିକ ସୁଚାରୁ ରୂପେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ପାଇଁ ସେଥିରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର (a) ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସୁଭେଦ୍ୟତା ଅଧିକ ଏବଂ (b) ଶୈଥିଲ୍ୟ

ଅପଚୟ ଓ (c) ଘୂର୍ଣ୍ଣୀ ପ୍ରବାହ ('Eddy Current) ଅପଚୟ କମ୍ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ନରମ ଲୁହାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ସୁଭେଦ୍ୟତା ଅଧିକ ଓ ବଳପ୍ରବର୍ତ୍ତିତା କମ୍ । ଏହାର ଶୈଥିଲ୍ୟ ଲୁପ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ମଧ୍ୟ କମ୍ ଅର୍ଥାତ୍ ଏହାର ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ କମ୍ । ତେଣୁ ଏହିସବୁ ଯନ୍ତ୍ରର ଅନ୍ତର (Core) ନରମ ଲୁହାରେ ନିର୍ମିତ ହେବା ବାଞ୍ଛନୀୟ । କିନ୍ତୁ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ଦ୍ୱାରା ଶକ୍ତି ଅପଚୟ କମ୍ କରିବାପାଇଁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ବିଶିଷ୍ଟ ପ୍ରତିରୋଧ (specific resistance) ଅଧିକ ହେବା ଦରକାର । ନରମ ଲୁହା ଅପେକ୍ଷା ସିଲିକନ୍ ବା କ୍ରୋମିୟମ ବା ମୋଲିବ୍‌ଡେନମ୍ ମିଶ୍ରିତ ଲୁହାର ରୋଧ ଅଧିକ । ତେଣୁ ଏହିସବୁ ଯନ୍ତ୍ରପାଇଁ ସିଲିକନ୍ ଲୁହା (96 Fe, 4 Si) ବହୁଳ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

ଖୁବ୍ ଅଧିକ ସୁଭେଦ୍ୟତା, ଅଧିକ ବଳପ୍ରବର୍ତ୍ତିତା ଓ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ବିଶିଷ୍ଟ ରୋଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ପ୍ରକାର ଲୌହ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମିଶ୍ରଧାତୁ ଏବେ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଛି ଯାହାକୁ **ଫେରାଇଟ୍** (Ferrite) କୁହାଯାଏ । ଏହାର ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ଅପଚୟ ମଧ୍ୟ ଖୁବ୍ କମ୍ । ଶକ୍ତିର ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ ଆବୃତ୍ତି (Frequency) ସହିତ ଓ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ଅପଚୟ ଆବୃତ୍ତିର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ଅଟେ । ତେଣୁ ଉଚ୍ଚ ଆବୃତ୍ତି ଅନ୍ତରରେ (High frequency core) ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ଅପଚୟ ଅଧିକ ହୁଏ । **ଫେରାଇଟ୍**ର ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ଅପଚୟ ଖୁବ୍ କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହା ଉଚ୍ଚ ଆବୃତ୍ତି ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ଯନ୍ତ୍ରରେ ବହୁଳ ଭାବରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ରେଡ଼ିଓ, ଟେଲିଭିଜନ ଇତ୍ୟାଦି ଯନ୍ତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ଏହା ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଆଜିକାଲି ସାଧାରଣତଃ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଫେରାଇଟ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ । ଯଥା:— $M_nFe_2O_4$, $C_0Fe_2O_4$, $NiFe_2O_4$, $CuFe_2O_4$, $FeFe_2O_4$ ଇତ୍ୟାଦି । ପଟଳିତ ଅନ୍ତରରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ଅପଚୟ କମ ହେଉଥିବାରୁ ଏହା ମଧ୍ୟ ଉଚ୍ଚଆବୃତ୍ତି ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଯନ୍ତ୍ରରେ ବହୁଳ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

(ii) **ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ :**— ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ନିର୍ମାଣ କରିବାବେଳେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥକୁ ଚୁମ୍ବକନ ଚକ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ନେବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ନାହିଁ ଓ ତେଣୁ ଏଠାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ, ବିଶିଷ୍ଟ ରୋଧ, ସୁଭେଦ୍ୟତା ପ୍ରତି ବିଶେଷ ଗୁରୁତ୍ୱ ଦିଆଯାଏ ନାହିଁ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ କେବଳ ପ୍ରବର୍ତ୍ତିକ ବଳ ଓ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଧାରଣ କ୍ଷମତା ଅଧିକ ହେବା ପ୍ରୟୋଜନ କାରଣ ଏହାଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥଟି ଥରେ ଚୁମ୍ବକରେ ପରିଣତ ହେଲେ ସହଜରେ ବିଚୁମ୍ବକିତ ହୁଏ ନାହିଁ । ପୁନଶ୍ଚ ଏଠାରେ ଶୈଥିଲ୍ୟ ଲୁପର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଅଧିକ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଇସ୍ପାତର ଶୈଥିଲ୍ୟ ଲୁପର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଓ ପ୍ରବର୍ତ୍ତିକ ବଳ (Coercive force) ଲୁହା ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ନିର୍ମାଣପାଇଁ ଇସ୍ପାତ ଶ୍ରେୟସ୍କର ବିବେଚିତ ହୁଏ । ଇସ୍ପାତ ସହିତ ଟଙ୍ଗ୍‌ଷ୍ଟେନ୍

(Tungsten) ମିଶାଇଲେ ତାହାର ପ୍ରବର୍ତ୍ତିକ ବଳ ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ତେଣୁ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ନିର୍ମାଣ ପାଇଁ **ଟଙ୍ଗ ଷ୍ଟେନ୍ ଇସ୍ପାତ୍** (Tungsten steel) ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଟଙ୍ଗ୍‌ଷ୍ଟେନ୍ ଇସ୍ପାତରେ ପ୍ରାୟ 5% ଟଙ୍ଗ୍‌ଷ୍ଟେନ୍ ଥାଏ । କୋବାଲ୍ଟ ଇସ୍ପାତ (35% Co, 0·035C, ଅବଶିଷ୍ଟ Fe) ମଧ୍ୟ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକପାଇଁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ । ଏହାର ପ୍ରବର୍ତ୍ତିକ ବଳ ପ୍ରାୟ 240 ଓଏର୍‌ଷ୍ଟେଡ୍ । ଆଜିକାଲି ସ୍ଥାୟୀ ଓ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଚୁମ୍ବକ ନିର୍ମାଣ ପାଇଁ **ଏଲନିକୋ** (Alnico,—Al, Ni Cu, Fe ଓ Co) ନାମକ ଏକ ମିଶ୍ର-ଧାତୁ ମଧ୍ୟ ବହୁଳ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଅଛି । ଏହି ମିଶ୍ରଧାତୁର (Alloy) ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଉଚ୍ଚ ତାପମାତ୍ରା ଦ୍ୱାରା ବିଶେଷ ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ ନାହିଁ ।

(iii) **ବିଦ୍ୟୁତ ଚୁମ୍ବକ** :—ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକର ଅନ୍ତର (Core) ଏପରି ପଦାର୍ଥରେ ନିର୍ମିତ ହେବା ଦରକାର ଯେପରି ସେଥିରେ (a) ଅଳ୍ପ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ବଳ ଦ୍ୱାରା ସର୍ବୋଚ୍ଚ ପ୍ରେରଣ (b) ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଉଚ୍ଚ ସୁଭେଦ୍ୟତା ଓ (c) କମ୍ ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ ହେବ । ସେହି କାରଣରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକର ଅନ୍ତରପାଇଁ ନରମ ଲୁହା ସର୍ବୋତ୍କୃଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ବୋଲି ବିବେଚନା କରାଯାଏ ।

Table 3.1—କେତେକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଧର୍ମ :—

ପଦାର୍ଥ	μ (ସର୍ବାଧିକ)	B (ସର୍ବାଧିକ) ଗସ୍ ଏକକ	ବଳ ପ୍ରବର୍ତ୍ତିତା ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍ ଏକକ	ଚୁମ୍ବକୀୟ ଧାରଣ କ୍ଷମତା ଗସ୍ ଏକକ
ଏଲନି	—	9500	500	5500
ଏଲନିକୋ	—	12000	500-600	7000
କାରବନ୍ ଇସ୍ପାତ	—	—	60	8000
କୋବଲ୍ଟ ଇସ୍ପାତ	—	—	250	9000
ଟଙ୍ଗଷ୍ଟେନ୍ ଇସ୍ପାତ	—	–	65	10500
ସିଲିକନ୍ ଲୌହ	5000	21000	1.1	—
ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍ ଇସ୍ପାତ	8000	19500	0.6	–
ପରମ୍ ଏଲୟ	80000	8500	0·1	—
ଟିକୋନାଲ	–	—	580	13500

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ (B), ସୁଭେଦ୍ୟତା (μ), ପ୍ରବଣତା (k), ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା (H ଓ ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା (I) ର ସଂଜ୍ଞା ଉଲ୍ଲେଖ କର ।
   ପ୍ରମାଣ କର (i) $B=H+4\pi I$
   (ii) $\mu=1+4\pi k$

2. ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଭିତରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା (H) ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ (B) ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଇ ଦିଅ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକନ ତୀବ୍ରତା (I) ସହିତ ସେମାନଙ୍କର ସମ୍ବନ୍ଧ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

3. 'ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଉଲ୍ଲେଖ କର ଓ ତାହା ପ୍ରମାଣ କର । 'ଗସ୍' ନିୟମର ଯେ କୌଣସି ଗୋଟିଏ ପ୍ରୟୋଗ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

4. ସମ ଚୁମ୍ବକୀୟ, ଲୌହ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଓ ପ୍ରତି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ । ଏହି ସମସ୍ତ ପଦାର୍ଥର ଚୁମ୍ବକ ଧର୍ମ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଟିପ୍‌ପଣୀ ଲେଖ ।

5. କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ସ୍ଥାପିତ ସମଚୁମ୍ବକୀୟ ବା ଲୌହ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳର ଏକ ବ୍ୟଞ୍ଜକ ନିଗମନ କର ଓ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବଣତା କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ତାହା ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

6. ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ କିପରି ଗୋଟିଏ ନରମ ଲୁହାର ସୁଦୀର୍ଘ ଦଣ୍ଡର $I-H$ ବକ୍ରରେଖା ଅଙ୍କନ କରାଯାଏ ବର୍ଣ୍ଣନା କରାଯାଏ ବର୍ଣ୍ଣନା କର । ଏକ ବକ୍ରରେଖା ଅଙ୍କନ କରିବାବେଳେ ଯେଉଁ ସତର୍କତା ଅବଲମ୍ବନ କରାଯାଏ ତାହା ଲେଖ ।

7. ଚୁମ୍ବକୀୟ ସୁଭେଦ୍ୟତା (μ) ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବଣତା (k) କଣ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଦଣ୍ଡ ବା ତାରର ପ୍ରବଣତା ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ତାହା ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

8. ଗୋଟିଏ ଲୌହ ବଳୟର (Ring) $B-H$ ବକ୍ରରେଖା ଅଙ୍କନ କରିବା ରୀତି ବର୍ଣ୍ଣନା କର ଓ ଶୈଥିଲ୍ୟ କଣ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

9. ଶୈଥିଲ୍ୟ ବକ୍ରରେଖା, ଚୁମ୍ବକୀୟ ଧାରଣ କ୍ଷମତା ଓ ବଳ ପ୍ରବର୍ତ୍ତିତା ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଯାହା ଜାଣ ସଂକ୍ଷେପରେ ଲେଖ । 'ଶୈଥିଲ୍ୟ ଲୁପ୍' କଣ ? ଏହି ଲୁପ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଧାରଣ କ୍ଷମତା ଓ ବଳ ପ୍ରବର୍ତ୍ତିତା କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

10 ଚୁମ୍ବକନ ଚକ୍ର ଓ ଶୈଥିଲ୍ୟ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଟିପ୍ପଣୀ ଲେଖ । ଶୈଥିଲ୍ୟ ଲୁପ୍‌ର ବ୍ୟାବହାରିକ ପ୍ରୟୋଗ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଆଲୋଚନା କର ।

11. ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ କଣ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ପ୍ରମାଣ କର ଯେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଏକକ ଆୟତନ ପ୍ରତି ଓ ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚୁମ୍ବକନ ଚକ୍ର ପାଇଁ ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ ସେହି ପଦାର୍ଥର $I-H$ ଲୁପ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ସହିତ ସମାନ ।

12. ପ୍ରମାଣ କର ଯେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଏକକ ଆୟତନ ପ୍ରତି ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ ଏହାର $B-H$ ଲୁପ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳର $\frac{1}{4\pi}$ ଗୁଣ ଅଟେ ।

13. ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକ ଓ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍ ନିର୍ମାଣ ପାଇଁ କେଉଁ ପ୍ରକାର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଆବଶ୍ୟକ ତାହା ପଦାର୍ଥର ଶୈଥିଲ୍ୟ ବକ୍ରରୁ କିପରି ମନୋନୀତ କରାଯାଏ ଲେଖ ।

14. ଖଣ୍ଡିଏ ଲୌହକୁ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି 60 ଆବର୍ତ୍ତନ (Cycle) ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ତାହାର $I-H$ ଲୁପ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 10000 ଅର୍ଗ ହୁଏ । ଲୌହର ସାନ୍ଦ୍ରତା 7.7 ଗ୍ରାମ୍/ଘନ ସେ: ମି: ଓ ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ 0.11 କ୍ୟାଲରୀ/ଡିଗ୍ରୀ ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ । ଏକ ମିନିଟ୍‌ରେ ଲୌହ ଖଣ୍ଡର ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ($J=4.2\times10^7$ ଅର୍ଗ/କ୍ୟାଲରୀ)

(ଉତ୍ତର—1° ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍)

15. 500 ଗ୍ରାମ୍ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଖଣ୍ଡିଏ ଲୌହ ଦଣ୍ଡକୁ ସେକେଣ୍ଡ ପ୍ରତି 50 ଆବର୍ତ୍ତନ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରାଗଲେ ତାହାର $I-H$ ଲୁପ୍‌ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 18000 ଅର୍ଗ ହୁଏ । ଲୌହର ସାନ୍ଦ୍ରତା 8 ଗ୍ରାମ୍/ଘ:ସେ:ମି: । ଏକ ମିନିଟରେ ପଦାର୍ଥର ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(ଉତ୍ତର – 4.05×10^9 ଅର୍ଗ)

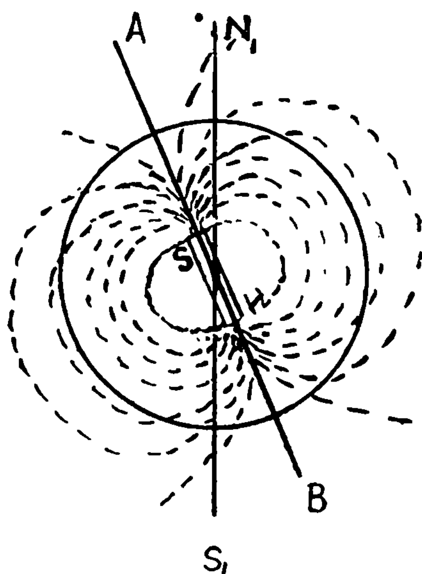
ଚତୁର୍ଥ ପରିଚ୍ଛେଦ

ଭୂଚୁମ୍ବକତ୍ୱ

(Terrestrial magnetism)

4·1 ଭୂଚୁମ୍ବକତ୍ୱ :

ଗୋଟିଏ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକକୁ ତାହାର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ଦେଇ ରେଶମ ସୂତାଦ୍ୱାରା ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଝୁଲାଇଲେ ତାହା ପ୍ରାୟ ଉତ୍ତର ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗରେ ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ରହେ । ଏଥିରୁ ଅନୁମାନ କରାଯାଇପାରେ ଯେ ପୃଥିବୀ ଏକ ବୃହତ୍ ଚୁମ୍ବକ । ଏହି ଭୂଚୁମ୍ବକର **ଉତ୍ତର** ଓ ଦକ୍ଷିଣ ମେରୁ ଯଥାକ୍ରମେ କାନାଡ଼ା ଦେଶର ବୁଥିଆ ଉପଦ୍ୱୀପ (76° ଉତ୍ତର ଅକ୍ଷାଂଶ ଓ 102° ପଶ୍ଚିମ ଦ୍ରାଘିମା) ଓ ଦକ୍ଷିଣ ଭିକ୍ଟୋରିଆର **ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ** ଅଞ୍ଚଳରେ (68° ଦକ୍ଷିଣ ଅକ୍ଷାଂଶ ଓ 145° ପୂର୍ବ ଦ୍ରାଘିମା) ଅବସ୍ଥିତ । ପୃଥିବୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅକ୍ଷ AB ଓ ଭୌଗଳିକ ଅକ୍ଷ N_1S_1ର (ଚିତ୍ର ନଂ 4·1) ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ ପ୍ରାୟ 17° । ପ୍ରକୃତ ପକ୍ଷରେ ପୃଥିବୀର ଉତ୍ତରାଞ୍ଚଳରେ ଅବସ୍ଥିତ ମେରୁଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦକ୍ଷିଣ ମେରୁ ଓ ଦକ୍ଷିଣାଞ୍ଚଳରେ ଅବସ୍ଥିତ ମେରୁଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉତ୍ତରମେରୁ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 4·1)

ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରଭାଗରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏହି ଉପକଳ୍ପିତ ଚୁମ୍ବକର ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଚିତ୍ର ନଂ 4·1 ରେ ବିନ୍ଦୁରେଖାଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ପୃଥିବୀର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଅକ୍ଷ ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଉଥିବା ଭୂଲମ୍ବ ସମତଳକୁ **ଭୌଗଳିକ ମଧ୍ୟରେଖା** ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅକ୍ଷ ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଉଥିବା ଭୂଲମ୍ବ ଅକ୍ଷକୁ **ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା** କୁହାଯାଏ ।

4·2 ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବ (Magnetic elements) :

ପୃଥିବୀର କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଧର୍ମ ସେହି ସ୍ଥାନର (i) ଦିଗପାତ (Declination) (ii) ଆନତି (Inclination or Dip) ଓ (iii) ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତାର ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ (Horizontal component of earth's field) ଦ୍ୱାରା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜାଣିହୁଏ । ଏହି ଦିଗପାତ, ଆନତି ଓ ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶକୁ **"ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବ"** କୁହାଯାଏ ।

(i) ଦିଗପାତ :—**କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଓ ଭୌଗୋଳିକ ମଧ୍ୟରେଖା ଏହି ଦୁଇ ସମତଳର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣକୁ ସେହି ସ୍ଥାନର 'ଦିଗପାତ' କୁହାଯାଏ ।** ଚିତ୍ର ନଂ 4·2 ରେ ଭୌଗୋଳିକ ମଧ୍ୟରେଖା *ABCD* ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା *ABPQ*, ଏହି ଦୁଇ ସମତଳର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ θ ସ୍ଥାନ *A*ର ଦିଗପାତ ଅଟେ । ଏଠାରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଭୌଗୋଳିକ ମଧ୍ୟରେଖାର ପଶ୍ଚିମରେ ଥିବାରୁ ସ୍ଥାନ *A*ର ଦିଗପାତ $\theta°$ ପଶ୍ଚିମ ଅଟେ । ଯଦି କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଭୌଗୋଳିକ ମଧ୍ୟରେଖାର ପୂର୍ବରେ ରହେ ତାହାହେଲେ ସେ ସ୍ଥାନର ଦିଗପାତ $\theta°$ ପୂର୍ବ ହେବ ।

(ଚିତ୍ର ନଂ 4·2)

(ii) ଆନତି :—**କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତାର ଦିଗ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ ସହିତ ଯେଉଁ କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ତାହାକୁ ସେହି ସ୍ଥାନର 'ଆନତି' କୁହାଯାଏ ।** ଗୋଟିଏ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକ ଯଦି ଭୂସମାନ୍ତର ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନଶୀଳ ହୋଇଥାଏ ଓ ତାହାକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ସହିତ ସମାନ୍ତର ଭାବରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ତାହାର ଅକ୍ଷ ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ *H* ସହିତ ସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ନ ରହି *H* ସହିତ ϕ କୋଣରେ

ଆନତ ହୋଇ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା I ଦିଗରେ ରହିବ । ଚିତ୍ର ନଂ 4·2 ରେ H ର ଦିଗ AQ ଦ୍ୱାରା ଓ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା I ର ଦିଗ AR ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ H ଓ I ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା କୋଣ ϕ ଆଲୋଚ୍ୟ ସ୍ଥାନ Aର ଆନତ । ଉତ୍ତର ଗୋଲାର୍ଦ୍ଧରେ କୌଣସି ସ୍ଥାନର ଆନତ $\phi°$ ଉତ୍ତର ଓ ଦକ୍ଷିଣ ଗୋଲାର୍ଦ୍ଧରେ ତାହାର ଆନତ $\phi°$ ଦକ୍ଷିଣ ହେବ । ପୁନଶ୍ଚ ଉତ୍ତର ଗୋଲାର୍ଦ୍ଧରେ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତର ମେରୁ ଓ ଦକ୍ଷିଣ ଗୋଲାର୍ଦ୍ଧରେ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ଦକ୍ଷିଣ ମେରୁ ନିମ୍ନକୁ ଆନତ ହେବ । ଆନତ କୋଣ ϕର ମାନ 0°ରୁ 90° ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ଚୁମ୍ବକୀୟ ନିରକ୍ଷରେଖା ଅଞ୍ଚଳରେ ଆନତ $\phi = 0$ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ଅଞ୍ଚଳରେ ଆନତ $\phi = ୨0°$ ।

(iii) **ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ** :—ଏହା କୌଣସି ସ୍ଥାନର ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତାର ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଦିଗରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ ଅଟେ ।

ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା I :—କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା Iକୁ ପରସ୍ପର ସମକୋଣରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ଉପାଂଶ, ଯଥା :– ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ H ଓ ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଂଶ Vରେ ବିଘ୍ନୋଜନ (Resolve) କରାଯାଇପାରେ । ଚିତ୍ର ନଂ 4·2 ରେ ସ୍ଥାନ Aର ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା $ABPQ$ ଅଟେ । ଏହି ସ୍ଥାନର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା I ର ପରିମାଣ ଓ ଦିଗ ଉଭୟ ସରଳରେଖା AR ଦ୍ୱାରା ଏବଂ I ର ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ H ଓ ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଂଶ V ଯଥାକ୍ରମେ ସରଳରେଖା AX ଓ AY ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ।

ଏଠାରେ $H = I\cos\phi$

$V = I\sin\phi$

ϕ = ଆଲୋଚ୍ୟ ସ୍ଥାନର ଆନତ

$\therefore\ H^2 + V^2 = I^2\cos^2\phi + I^2\sin^2\phi = I^2$

କିମ୍ବା $I = \sqrt{H^2 + V^2}$

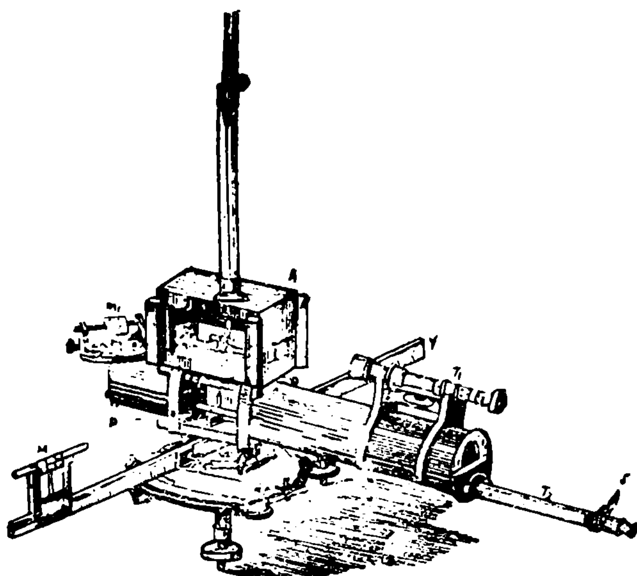
ଏବଂ $\frac{V}{H} = \tan\phi$ ... ... (4.1)

4·3 କିଉ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର (Kew magnetometer) :

କିଉ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର (ଚିତ୍ର ନଂ 4·3) ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ସ୍ଥାନର ଦିଗପାତ ଓ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ ସଠିକ ଭାବରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ଉନ୍ନତ ଧରଣର ଏକ ବିକ୍ଷେପ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର ଓ ଏକ ଦୋଳନ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟରର ସମ୍ମିଳନ ମାତ୍ର ।

ଗୋଟିଏ ଫମ୍ପା ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଚୁମ୍ବକ M (ଚିତ୍ର ନଂ 4.3) ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର ପ୍ରଧାନ ଅଂଶ । ଏହି ସ୍ତମ୍ଭକର ଏକ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଗୋଟିଏ ଉତ୍ତଳ ଲେନ୍ସ (convex lens) ଓ ଅପର ପ୍ରାନ୍ତରେ ଗୋଟିଏ କାଚ ସ୍କେଲ ଥାଏ । ଏହି ଲେନ୍ସର ଫୋକସ୍ ଦୂରତା (Focal length) ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଚୁମ୍ବକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ସମାନ । ତେଣୁ ଯନ୍ତ୍ରର ଏହି ଅଂଶଟି ଏକ କଲିମେଟର (collimator) ଅଟେ । ଅସୀମ ଦୂରତ୍ୱକୁ ଫୋକସ୍ ହୋଇଥିବା ଏକ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରର ଅକ୍ଷ ଯଦି ଚୁମ୍ବକର ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ ରହେ ତାହି ହେଲେ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରର ଫୋକସ୍ ତଳ (Focal plane) ରେ ଥିବା ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତାର (crosswire) ଉପରେ ସ୍କେଲର ଏକ ସୁସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଚୁମ୍ବକ M ସହିତ ଅନ୍ୟ ଏକ ପିତ୍ତଳ ନିର୍ମିତ ଫମ୍ପା ସ୍ତମ୍ଭକ C ଦୃଢ଼ ଓ ସମାନ୍ତର ଭାବରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ସ୍ତମ୍ଭକ C ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପିତ୍ତଳ ଦଣ୍ଡ ନିବିଷ୍ଟ (Insert)



(ଚିତ୍ର ନଂ 4.3) [କିଉ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର]

କରାଯାଇ ପାରେ । ବ୍ୟବସ୍ଥାଟି ଏକ ମୋଡ଼ନ ବିହୀନ ରେଶମ ତନ୍ତୁଦ୍ୱାରା A କମ୍ବା b ବିନ୍ଦୁରୁ ଗୋଟିଏ କାଚ ଝରକା ଥିବା କାଠ ବାକ୍ସ P ମଧ୍ୟରେ ଝୁଲାଇ ଦିଆଯାଏ ।

ଏହି କାଠ ବାକ୍ସ P ଅନ୍ୟ ଏକ କାଠ ବାକସ Q ଉପରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଥାଏ । ଦ୍ୱିତୀୟ କାଠବାକସର (ଚିତ୍ର ନଂ 4.3) ଦୁଇ ବିପରୀତ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଅଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଦୁଇଟି ଫମ୍ପା ନଳ E ଓ F ଥାଏ । ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଚୁମ୍ବକ Cର ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ ଗୋଟିଏ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ର T_1 ଓ ସମତଳ ଦର୍ପଣ m_1 ସ୍ଥାପିତ । ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରଟି ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ଝୁଲାଇଥିବା ରେଶମ ସୂତା ସହିତ ସମ୍ପାତ ଭୂଲମ୍ବ ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଓ ସମତଳ ଦର୍ପଣଟି ଭୂସମାନ୍ତର ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂରିପାରେ । ଏହି ବ୍ୟବସ୍ଥାର ନିମ୍ନ ଭାଗରେ ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲ ଥାଏ । ସମଗ୍ର ଯନ୍ତ୍ରଟିକୁ ଏକ ଥିଓଡୋଲାଇଟ (Theodolite) ଉପରେ ଏକ ସମତଳସ୍ଥ (Level) କରାଯାଇପାରେ ।

କୌଣସି ସ୍ଥାନର ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ଚୁମ୍ବକ C ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସ୍କେଲର ମଧ୍ୟଭାଗ ଚିହ୍ନ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ର T_1ର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତାର ସହିତ ସମ୍ପାତ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ମାଗନେଟୋମିଟରଟିକୁ ଘୂରାଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାନ କାଳରେ ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲ ଉପରେ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରର ଅବସ୍ଥାନ ଚୁମ୍ବକର ଜ୍ୟାମିତିକ ଅକ୍ଷ ଦର୍ଶାଏ । ଏହାପରେ ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ଓଲଟାଇ B ବିନ୍ଦୁରୁ ଝୁଲାଇ ଦିଆଯାଏ ଏବଂ ପୂର୍ବପରି ପୁନଶ୍ଚ ତାହାର ଜ୍ୟାମିତିକ ଅକ୍ଷ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏହି ଦୁଇ ଅବସ୍ଥାନ ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣର ସମଦ୍ୱିଖଣ୍ଡକ ବା ମଧ୍ୟରେଖା ଯେଉଁ ଦିଗରେ ରହେ ତାହା ଆଲୋଚ୍ୟ ସ୍ଥାନର ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଦର୍ଶାଏ ।

ଆଲୋଚ୍ୟ ସ୍ଥାନର ଭୌଗୋଳିକ ମଧ୍ୟରେଖା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରଥମେ ସମତଳ ଦର୍ପଣଟିକୁ ଏପରି ବ୍ୟବସ୍ଥିତ କରାଯାଏ ଯେପରି ତାହା ଭୂସମାନ୍ତର ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂରିଲେ ତାହାର ସମତଳ ଉପରେ ଅଙ୍କିତ ଲମ୍ବ ଯେଉଁ ସମକୋଣରେ ଘୂରିବ ସେହି ସମତଳରେ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରର ଅକ୍ଷ ରହିବ । ମଧ୍ୟାହ୍ନ ସୂର୍ଯ୍ୟର କିରଣ ସମତଳ ଦର୍ପଣ m_1 ଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତାର ଉପରେ ସୂର୍ଯ୍ୟର ପ୍ରତିବିମ୍ବ ରଚିତ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ମାଗନେଟୋମିଟରକୁ ଘୂରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତାର ଉପରେ ସୂର୍ଯ୍ୟର ସଂକ୍ରମଣ ସମୟ (Time of transit), ଆଲୋଚ୍ୟ ସ୍ଥାନର ଦ୍ରାଘିମା ଓ ସମୟ ସମୀକରଣରୁ (Equation of time) ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ସମୟରେ ସୂର୍ଯ୍ୟର ଦିଗ ଜାଣିହୁଏ । ସୁତରାଂ ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲ ଉପରେ ଆଲୋଚ୍ୟ ସ୍ଥାନର ଭୌଗଳିକ ଉତ୍ତର-ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ଏହିପରି ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଓ ଭୌଗୋଳିକ ମଧ୍ୟରେଖା ଜାଣି ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ସ୍ଥାନର ଦିଗପାତ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

4.4 କିଉ ମାଗନେଟୋମିଟର ସହାୟରେ MH ନିର୍ଣ୍ଣୟ:

କିଉ ମାଗନେଟୋମିଟରକୁ ଦୋଳନ ମାଗନେଟୋମିଟର ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରି MH ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏଠାରେ M = ଫମ୍ପା ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ

ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ । ପ୍ରଥମେ ଦଣ୍ଡା ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଚୁମ୍ବକ ରେଶମ ସୂତାଦ୍ୱାରା ଝୁଲୁଥିବା ବେଳେ ତାହାକୁ କ୍ଷୁଦ୍ର କୋଣରେ ଦୋଳନ କରାଯାଏ । ଦୋଳନ କାଳ ଜାଣିବାପାଇଁ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତାର ଉପରେ ସ୍କେଲ ମଧ୍ୟରେଖାର ଯେଉଁ ପ୍ରତିବିମ୍ବ ରଚିତ ହୋଇଥାଏ ତାହାର ଗତି ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ । ଏଠାରେ,

$$\text{ଦୋଳନ କାଳ } t = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}}$$

I = ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଚୁମ୍ବକର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ

ଝୁଲୁଥିବା ତନ୍ତୁର ମୋଡ଼ନ (Torsion) ପାଇଁ ଦୋଳନକାଳ ଭୁଲ ହୋଇ ପାରେ । ଏହି ଭୁଲ ନିମ୍ନଲିଖିତ ରୀତିରେ ସଂଶୋଧନ କରାଯାଇ ପାରେ ।

ମନେକର, α = ଦୋଳିତ ଚୁମ୍ବକର କୋଣାଙ୍କ (Amplitude)

β = ଚୁମ୍ବକର α କୋଣାଙ୍କ ପାଇଁ ତନ୍ତୁର ମୋଡ଼ନ କୋଣ

ସୁତରାଂ ତନ୍ତୁର ପ୍ରକୃତ ମୋଡ଼ନ କୋଣ = $\beta - \alpha$

ଦୋଳିତ ହେଉଥିବା ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ସଂସ୍ଥାପକ ଯୁଗଳ (Restoring couple) = $MH \sin \alpha$

ମନେକର ଏକକ ମୋଡ଼ନ ପାଇଁ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ = C

$$\therefore MH \sin \alpha = C(\beta - \alpha)$$

$$\therefore C = \frac{MH \sin\alpha}{\beta - \alpha} = \frac{MH\alpha}{\beta - \alpha}$$

$$\text{ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ, ଦୋଳନକାଳ } t = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH + C}}$$

$$= 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH + \frac{MH\alpha}{\beta - \alpha}}} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{\beta - \alpha}\right)}}$$

$$\therefore t^2 = \frac{4\pi^2 I}{MH\left(1 + \frac{\alpha}{\beta - \alpha}\right)}$$

$$\text{ସୁତରାଂ } MH = \frac{4\pi^2 I}{t^2\left(1 + \frac{\alpha}{\beta - \alpha}\right)} \quad \cdots \quad (4\cdot2)$$

ତେଣୁ I, t, α ଓ β ଜାଣି ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ମାଧ୍ୟମରେ MH ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ପାରେ ।.

4.5 ଜଉ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର୍‌ ସାହାଯ୍ୟରେ $\frac{M}{H}$ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ଜଉ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର୍‌କୁ ବିକ୍ଷେପ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରି $\frac{M}{H}$ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏହି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ଯନ୍ତ୍ରର ନଳ EF ସହିତ ସମକୋଣରେ ଗୋଟିଏ ଅଂଶାଙ୍କିତ (ଚିତ୍ର ନଂ 4.3) ଦଣ୍ଡ XY ନିଆଯାଏ । ଏହି ଦଣ୍ଡ ଉପରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ବାହକ (Carrier) ଉପରେ ଫମ୍ପା ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଚୁମ୍ବକ Mକୁ ଦଣ୍ଡର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦିଗରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ । ଅଂଶାଙ୍କିତ ଦଣ୍ଡର ମଧ୍ୟଭାଗରେ ଓ ବାକ୍ସ Q ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକକୁ ଏକ ଦୀର୍ଘ ରେଶମ ସୂତାଦ୍ୱାରା ଏପରି ଝୁଲାଇ ଦିଆଯାଏ ଯେପରି ତାହା ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଚୁମ୍ବକ Mର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ରହିବ । ଏହି ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକ ସହିତ ଗୋଟିଏ ସମତଳ ଦର୍ପଣ m_2 ଲାଗିଥାଏ । ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ତାହାର T_1 ଅବସ୍ଥାନରୁ ଆଣି T_2 ଅବସ୍ଥାନରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ଓ ତାହାଦ୍ୱାରା ସ୍କେଲ Sର ପ୍ରତିବିମ୍ବ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ । ବ୍ୟବସ୍ଥାଟି ବର୍ତ୍ତମାନ ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିଫଳନ ମାଗ୍‌ନେଟୋମିଟର ସଦୃଶ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ତେଣୁ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ

$$\frac{M}{H}=\frac{d^2-l^2}{2d}\times\tan\theta \quad \cdots \quad \cdots \quad (4.3)$$

ଏଠାରେ, d = ଚୁମ୍ବକ M ଠାରୁ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ଦୂରତ୍ୱ

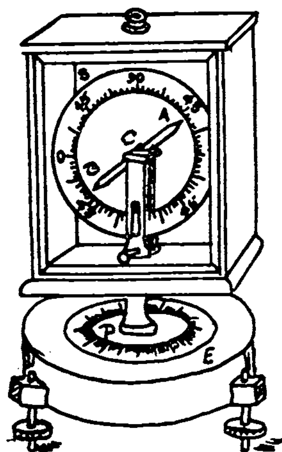
θ = ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ବିକ୍ଷେପ

ଏହି ରୀତିରେ ପ୍ରକୃତ ପକ୍ଷରେ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ବିକ୍ଷେପ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ ନାହିଁ କାରଣ ତାହାଦ୍ୱାରା ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକ ବିକ୍ଷେପିତ ହେବାବେଳେ ଝୁଲଉଥିବା ତନ୍ତୁର ମୋଡ଼ନ ପାଇଁ ବିକ୍ଷେପରେ ଯେଉଁ ଭୁଲ ହୁଏ ତାହାର ସଂଶୋଧନ ଆବଶ୍ୟକ । ତେଣୁ ଏହା ପରିବର୍ତ୍ତେ ସ୍କେଲର ମଧ୍ୟରେଖା ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ରର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ତାର ସହିତ ସମ୍ପାତ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯନ୍ତ୍ରଟିକୁ ଘୂରାଯାଏ ଏବଂ ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଚୁମ୍ବକ Mର ଉପସ୍ଥିତି ଓ ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲ ପଠନର ପାର୍ଥକ୍ୟରୁ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କୋଣ (Rotation) ମାପ କରାଯାଏ ।

ସମୀକରଣ (4.2) ଓ (4.3) ସାହାଯ୍ୟରେ Mକୁ ବାଦ ଦେଇ Hର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

4.6 ଆନତ ନିର୍ଣ୍ଣୟ (Determination of Dip) :

କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା ଓ ଭୂସମାନ୍ତର ସଂଯୋଜକର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ ସେହି ସ୍ଥାନର ଆନତ କୋଣ ଅଟେ । ଆନତ ବୃତ୍ତ (Dip Circle) ନାମକ ଏକ ଯନ୍ତ୍ର (ଚିତ୍ର ନଂ 4.4) ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ସ୍ଥାନର ଆନତ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଆରୋପିତ ଗୋଟିଏ ପତଳା ଓ ଦୀର୍ଘ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ଥାଏ । ଦୁଇଟି କ୍ଷୁରଧାର (knife edge) ଉପରେ ଏହି ଅକ୍ଷ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥାଏ ଓ ଫଳରେ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକଟି ଏହି ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଏକ ଭୂଲମ୍ବ ସମତଳରେ ଘୂରିପାରେ । ଚାରିପାଦରେ ବିଭକ୍ତ ଗୋଟିଏ ଭୂଲମ୍ବ ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହି ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲର 0° – 0° ରେଖା ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ଥାଏ । ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ଓ ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲ ଉଭୟ ଗୋଟିଏ କାଚ ଝରକା ଥିବା ବାକ୍ସ ଭିତରେ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ବାକ୍ସ ଗୋଟିଏ ଭୂଲମ୍ବ ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂରିପାରେ ଓ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କୋଣ ବାକ୍ସର ନିମ୍ନଭାଗରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ଭୂସମାନ୍ତର ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପ କରାଯାଏ । ସମଗ୍ର ଯନ୍ତ୍ରଟି ତିନିଗୋଟି ସ୍କ୍ରୁ ଉପରେ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥାଏ ।

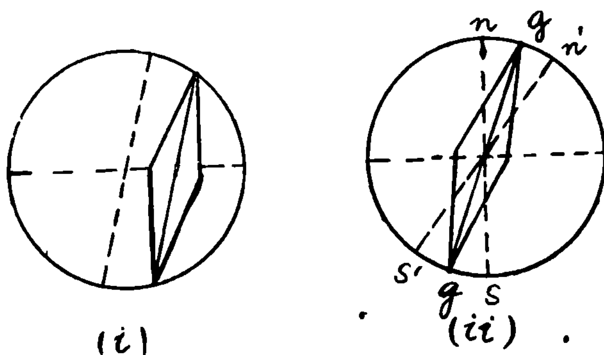


(ଚିତ୍ର ନଂ 4.4)

ଆନତ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ପ୍ରଥମେ ସ୍କ୍ରୁଗୁଡ଼ିକ ସାହାଯ୍ୟରେ ଯନ୍ତ୍ରଟିକୁ ଏକ ସମତଳସ୍ଥ (Level) କରାଯାଏ ଓ ଫଳରେ ତାହା ଭୂଲମ୍ବ ଭାବରେ ରହେ । ତାପରେ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକଟି ଭୂଲମ୍ବ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଅର୍ଥାତ୍ ତାହା ଭୂଲମ୍ବ ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲରେ ୨0° – ୨0° କୋଣ ଦର୍ଶାଇବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବାକ୍ସଟିକୁ ଭୂଲମ୍ବ ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂରାଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ଆନତ ବୃତ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ନିରକ୍ଷରେଖା ଦିଗରେ ରହେ ଓ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର କେବଳ ଭୂଲମ୍ବ ସଂଯୋଜକ କ୍ରିୟା କରେ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଭୂସମାନ୍ତର ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲ ଉପରେ ସୂଚକର ଅବସ୍ଥାନ ପାଠକରି ବାକ୍ସଟିକୁ ଭୂଲମ୍ବ ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଠିକ୍ ୨0° ଘୂରାଯାଏ ଓ ଫଳରେ ଆନତବୃତ୍ତ ନିଶ୍ଚିତ ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଦିଗରେ ରହେ । ଯନ୍ତ୍ରର ଏହି ଅବସ୍ଥାନରେ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକଟି ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା ଦିଗରେ ରହେ ଓ ତାହା ଭୂଲମ୍ବ ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲ ଉପରେ ଯେଉଁ କୋଣ ଦର୍ଶାଏ ତାହା ଆଲୋଚ୍ୟ ସ୍ଥାନର ଆନତ କୋଣ ।

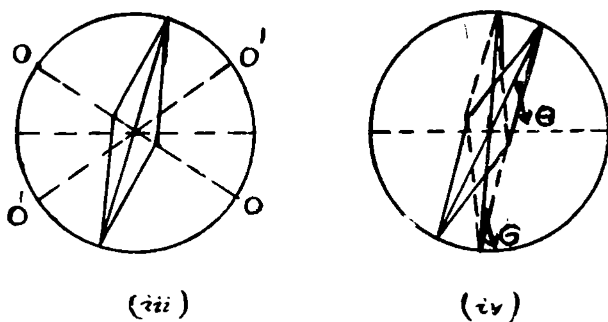
4·7 ଆନତବୃତ୍ତର ତ୍ରୁଟି ଓ ତାହାର ସଂଶୋଧନ :

(i) ଯଦି ସୂଚୀଚୁମ୍ବକର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଅକ୍ଷ ଭୂଲମ୍ବ ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲର ଠିକ୍ କେନ୍ଦ୍ରରେ [ଚିତ୍ର ନଂ 4·6 (i)] ରହି ନ ଥାଏ ତାହାହେଲେ ଆନତି କୋଣ ମାପ



(ଚିତ୍ର ନଂ 4·6a)

ଭୁଲ ହୁଏ । ଏହି ଭୁଲ ସଂଶୋଧନ କରିବା ପାଇଁ ଭୂଲମ୍ବ ସ୍କେଲ ଉପରେ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତର ଅବସ୍ଥାନ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ ଓ ଏହି ଦୁଇ କୋଣର ମାଧ୍ୟମାନ ନିଆଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 4·6b)

(ii) ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅକ୍ଷ *ns* ତାହାର [ଚିତ୍ର ନଂ 4·6 (ii)] ଜ୍ୟାମିତିକ ଅକ୍ଷ *gg* ସହିତ ସମ୍ପାତ ହୋଇ ନ ଥିଲେ ଆନତି କୋଣ ମାପରେ ଯେଉଁ

ଭୁଲ ହୁଏ ତାହା ସଂଶୋଧନ କରିବା ପାଇଁ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ଓଲଟାଇ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଅକ୍ଷ ଉପରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ଓ ପୂର୍ବପରି ତାହାର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତର ପାଠ୍ୟାଙ୍କର ମାଧ୍ୟମାନ ନିଆଯାଏ ।

(iii) ଭୂଲମ୍ବ ବୃତ୍ତାକାର ସ୍କେଲର $0°-0°$ ରେଖା [ଚିତ୍ର ନଂ 4·6 (iii)] ଭୂସମାନ୍ତର ହୋଇ ନ ପାରିଥାଏ । ଏହି ଭୁଲ ସଂଶୋଧନ କରିବା ପାଇଁ ଆନତି ବୃତ୍ତକୁ ଭୂଲମ୍ବ ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ $180°$ ଘୂରାଇ ଦିଆଯାଏ ଓ ପୂର୍ବପରି ପୁନର୍ବାର ଚାରିଗୋଟି ପାଠ୍ୟାଙ୍କ ନିଆଯାଏ ।

(iv) ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର, ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଅକ୍ଷ ସହିତ ସମାପାତ ନ ହୋଇ ପାରିଥାଏ । ଏହା ଫଳରେ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ବ୍ୟତୀତ ତାହାର ଓଜନ ଯୋଗୁଁ ଏକ ଅତିରିକ୍ତ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ G କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ । ତେଣୁ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକଟି ତାହାର ପ୍ରକୃତ ଆନତି ଅବସ୍ଥାନରୁ ଅଳ୍ପ ଘୂରିଯିବ ଓ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ରର ଅବସ୍ଥାନ ଅନୁଯାୟୀ ଆନତି ପାଠ୍ୟାଙ୍କ ପ୍ରକୃତ ଆନତିଠାରୁ ଅଧିକ ବା ଊଣା ହୋଇପାରେ । ଏହି ଭୁଲ ସଂଶୋଧନ କରିବା ପାଇଁ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକକୁ ବିଚୁମ୍ବକିତ କରି ବିପରୀତ ଦିଗରେ ସମପରିମାଣ ଚୁମ୍ବକିତ କରାଯାଏ ଓ ପୂର୍ବପରି ପୁନର୍ବାର ପାଠ୍ୟାଙ୍କ ନିଆଯାଏ । ଏହି ରୀତିଦ୍ୱାରା ପ୍ରଥମ ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ଯଦି ଆନତିର ପାଠ୍ୟାଙ୍କ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ଦ୍ୱିତୀୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ତାହା ସମପରିମାଣ କମ୍ ହେବ ।

ଉପରୋକ୍ତ 16 ଗୋଟି ପାଠ୍ୟାଙ୍କର ମାଧ୍ୟମାନ ଆଲୋଚ୍ୟ ସ୍ଥାନର ପ୍ରକୃତ ଆନତି କୋଣ ଅଟେ ।

4·8 ଆନତି ବୃତ୍ତ ସାହାଯ୍ୟରେ ଆନତି ନିର୍ଣ୍ଣୟର ବିକଳ୍ପ ରୀତି :

ଆନତି ବୃତ୍ତରେ ଥିବା ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନ କାଳ ଜାଣି କୌଣସି ସ୍ଥାନର ଆନତି କୋଣ ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

(i) ପ୍ରଥମେ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକଟି ଭୂଲମ୍ବ ଦିଗରେ ରହିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆନତି ବୃତ୍ତକୁ ଭୂଲମ୍ବ ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂରାଯାଏ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ଏକ ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱାରା ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନ କରାଇ ତାହାର ଦୋଳନକାଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାନରେ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ କେବଳ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଭୂଲମ୍ବ ସଂଯୋଜକ କ୍ରିୟା କରେ । ସୁତରାଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ

$$\text{ଦୋଳନ କାଳ } t_1 = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MV}} \quad \cdots \quad \cdots \quad (4{\cdot}4)$$

ଏଠାରେ I = ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ
M = ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ
V = ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଭୂଲମ୍ବ ସଂଯୋଜକ
ସମୀକରଣ (4·4) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$MV = \frac{4\pi^2 I}{t_1^2} \qquad .... \qquad .... \qquad (4.5)$$

(ii) ଦ୍ୱିତୀୟତଃ ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ତାହାର ଅକ୍ଷକୁ ବାହାର କରନେଇ ଗୋଟିଏ ଦୋଳନ ମାଗ୍ନେଟୋମିଟର ବାକ୍ସ ଭିତରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଝୁଲାଇ ତାହାର ଦୋଳନକାଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ

$$\text{ଦୋଳନ କାଳ } t_2 = 2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}} \qquad ... \qquad (4.6)$$

ଏଠାରେ H = ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ସଂଯୋଜକ

$$\therefore \quad MH = \frac{4\pi^2 I}{t_2^2} \qquad .... \qquad .... \qquad (4.7)$$

ସମୀକରଣ (4·5) ଓ (4·7) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\frac{V}{H} = \frac{t_2^2}{t_1^2}$$

କିନ୍ତୁ ଆମେ ଜାଣୁ,

$$\frac{V}{H} = \tan\phi, \ [\phi = \text{ଆନତି କୋଣ}]$$

$$\therefore \ \tan\phi = \frac{t_2^2}{t_1^2}$$

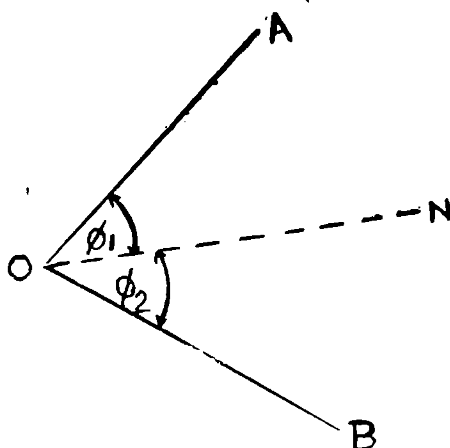
$$\text{କିମ୍ବା } \phi = \tan^{-1}\frac{t_2^2}{t_1^2} \qquad .... \qquad .... \qquad (4.8)$$

4.9 ଆପାତୀ ଆନତି କୋଣରୁ ପ୍ରକୃତ ଆନତି କୋଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ (To find true dip from apparent dip) :

କୌଣସି ସ୍ଥାନର ପ୍ରକୃତ ଆନତି କୋଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ଆନତି ବୃତ୍ତକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଦିଗରେ ସ୍ଥାପନ କରିବାକୁ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଆନତି ବୃତ୍ତକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ

ମଧ୍ୟରେଖା ଦଗରେ ସ୍ଥାପନ ନ କରି ଯଦି ତାହାକୁ ପରସ୍ପର ଲମ୍ବ ଯେ କୌଣସି ଦୁଇ ଦଗରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ଓ ସେହି ଦୁଇ ଅବସ୍ଥାନରେ ଆଭାସୀ ଆନତ କୋଣ ମାପ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ସେହି ଆଭାସୀ କୋଣଦ୍ୱୟ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରକୃତ ଆନତ କୋଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

ମନେକର ଆନତ ବୃତ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ON ସହିତ θ_1 କୋଣରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 4.7) OA ଦଗରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିବାବେଳେ ଆଭାସୀ ଆନତ କୋଣ $=\phi_1$ ଏବଂ ON ସହିତ θ_2 କୋଣରେ OB ଦଗରେ ($OA \perp OB$) ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିବାବେଳେ ଆଭାସୀ ଆନତ କୋଣ$=\phi_2$ । OA ଦଗରେ Hର ସଂଯୋଜକ $=H \cos\theta_1$ ଏବଂ OB ଦଗରେ Hର ସଂଯୋଜକ $=H\cos\theta_2$ । ଉଭୟ ଅବସ୍ଥାନରେ V ସମାନ ଅଟେ । ସୁତରାଂ ସମୀକରଣ (4.1) ଅନୁଯାୟୀ



(ଚିତ୍ର ନଂ 4.7)

$$\tan\phi_1=\frac{V}{H\cos\theta_1}$$

ଏବଂ $$\tan\phi_2=\frac{V}{H\cos\theta_2}$$

କିନ୍ତୁ $\theta_1+\theta_2=90^\circ$

$$\therefore\ \cos\theta_1=\cos(90^\circ-\theta_2)=\sin\theta_2$$

$$\cot\phi_1=\frac{H\cos\theta_1}{V}=\frac{H\sin\theta_2}{V}$$

$$\cot\phi_2=\frac{H\cos\theta_2}{V}$$

$$\cot^2\phi_1+\cot^2\phi_2=\frac{H^2\sin^2\theta_2}{V^2}+\frac{H^2\cos^2\theta_2}{V^2}$$

$$=\frac{H^2}{V^2}(\sin^2\theta_2+\cos^2\theta_2)=\frac{H^2}{V^2}\quad\cdots\quad\cdots\qquad(4.9)$$

ଯେଉଁ ଆଲୋଚ୍ୟ ସ୍ଥାନର ପ୍ରକୃତ ଆନତ ϕ ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$\tan \phi = \frac{V}{H}$$

$$\cot^2 \phi = \frac{H^2}{V^2} \quad \cdots \quad (4.10)$$

ସୁତରାଂ ସମୀକରଣ (4.9) ଓ (4.10) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\cot^2 \phi = \cot^2 \phi_1 + \cot^2 \phi_2 \quad \cdots \quad \cdots \quad (4.11)$$

ଅତଏବ ଆଭାସୀ ଆନତ କୋଣ ϕ_1 ଓ ϕ_2 ଜାଣି ପ୍ରକୃତ ଆନତ କୋଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ପାରେ ।

4.10 ଭୂଲମ୍ବ ସଂଯୋଜକ V ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

କୌଣସି ସ୍ଥାନର ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂଲମ୍ବ ସଂଯୋଜକ ନିମ୍ନଲିଖିତ ରୀତିରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

ଆମେ ଜାଣୁ $\frac{V}{H} = \tan\phi$, ϕ = ଆନତ କୋଣ

$$\therefore V = H \tan \phi$$

ଆନତ ବୃତ୍ତ ସାହାଯ୍ୟରେ ϕ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ପରିଚ୍ଛେଦରେ ପ୍ରଦତ୍ତ ରୀତିଦ୍ୱାରା H ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ V ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହେବ ।

Table No 4.1

ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ମାନ :—

ସ୍ଥାନ	ଦିଗପାତ θ	ଆନତ କୋଣ ϕ	ଭୂସମାନ୍ତର ସଂଯୋଜକ H (ସେ·ଗ୍ରା·ସେ·	ଭୂଲମ୍ବ ସଂଯୋଜକ V (ସେ·ଗ୍ରା·ସେ·
ବମ୍ବେ	1°30′ ପଶ୍ଚିମ	23°19′	0.3660	0·1665
କଲିକତା	1°15′ ପ	30°14′	0.3895	0.2270
ଦିଲ୍ଲୀ	0°00′	42°13′	0.3500	0·3175
ମାନ୍ଦ୍ରାଜ	2°35′ ପ	12°06′	0·3035	0·0650
ନାଗପୁର	1°30′ ପ	28°09′	0.3850	0.2060
ପାଟନା	0°45′ପ	36°24′	0.3730	0·2750
କାନପୁର	1°45′ପ	38°11′	0.3655	0·2871
ବାଙ୍ଗାଲୋର	2°30′ପ	9°21′	0.4050	0.0667

ଉଦାହରଣ :– (1) କୌଣସି ସ୍ଥାନର ଆନତି କୋଣ $\phi = 30°$ ଓ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା $I = 0.38$ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍ । ଏହି ସ୍ଥାନରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଝୁଲୁଥିବା ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନ ସଂଖ୍ୟା ମିନଟ୍ ପ୍ରତି 12 ହେଲେ ଅନ୍ୟ ଏକ ସ୍ଥାନରେ ଯେଉଁଠାରେ $\phi = 45°$ ଓ $I = 0.4$ ଓଏରଷ୍ଟେଡ, ସେଠାରେ ମିନଟ୍ ପ୍ରତି ଦୋଳନ ସଂଖ୍ୟା କେତେ ହେବ ?

ଆମେ ଜାଣୁ ଦୋଳନକାଳ $t = 2\pi\sqrt{\dfrac{I}{MN}}$, ($I$ = ଜଡତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ)

ପ୍ରଥମ ସ୍ଥାନରେ $H = I \cos 30°$, (I = ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା)

$$\therefore \text{ ପ୍ରଥମ ସ୍ଥାନରେ ଦୋଳନ କାଳ } t_1 = \frac{60}{12} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{M \times 0.38 \times \cos 30°}}$$

ସେହିପରି ଦ୍ୱିତୀୟ ସ୍ଥାନରେ ଦୋଳନ କାଳ

$$t_2 = \frac{60}{n} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{M \times 0.4 \times \cos 45°}}$$

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{60}{12} \times \frac{n}{60} = \sqrt{\frac{0.4 \times \frac{1}{\sqrt{2}}}{0.38 \times \frac{\sqrt{3}}{2}}}$$

$$\therefore n = 12\sqrt{\frac{0.4 \times 2}{0.38 \times \sqrt{3}\sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{80}{38 \times \sqrt{3}\sqrt{2}}} = 11.16$$

(2) କୌଣସି ସ୍ଥାନର $H = 0.38$ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍ ଓ ଆନତି କୋଣ $\phi = 20°$ । ଉକ୍ତ ସ୍ଥାନର ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

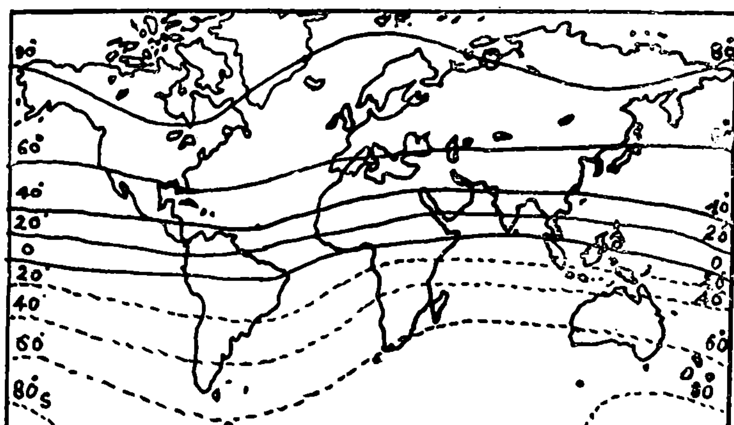
ଆମେ ଜାଣୁ $H = I \cos \phi$, (I = ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା)

$$\therefore I = \frac{H}{\cos \phi} = \frac{0.38}{\cos 20°} = \frac{0.38}{\sqrt{3}/2} = \frac{.76}{\sqrt{3}} = 0.44 \text{ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍}$$

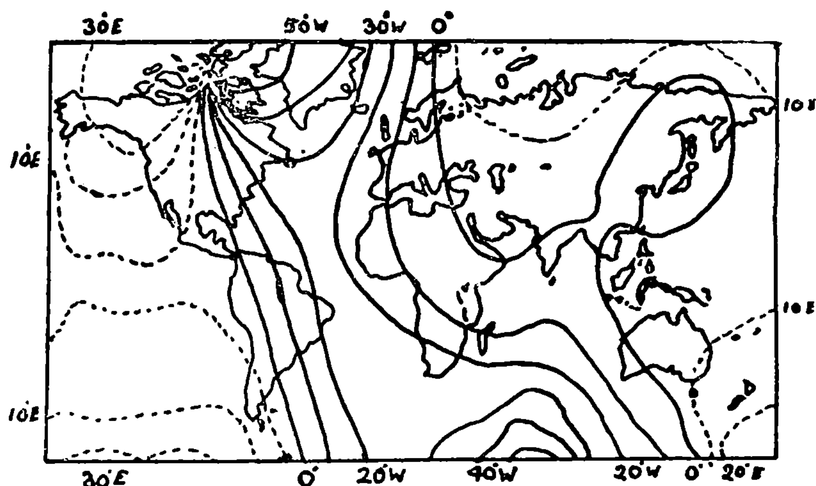
4.11 ଚୁମ୍ବକୀୟ ମାନଚିତ୍ର (Magnetic maps) :

ଭୂପୃଷ୍ଠର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ମାନ ବିଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ । ଭୂମଣ୍ଡଳ ମାନଚିତ୍ରରେ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ସମମାନ ବିଶିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନଗୁଡ଼ିକୁ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ରେଖାଦ୍ୱାରା ସଯୋଗ କଲେ ଯେଉଁ ବକ୍ରରେଖାଗୁଡ଼ିକ ମିଳେ ସେଗୁଡ଼ିକୁ "**ସମଚୁମ୍ବକୀୟ ରେଖା** (Isomagnetic lines) କୁହାଯାଏ । ଚୁମ୍ବକୀୟ

ଅବସ୍ଥର ଅନୁଯାୟୀ ସମଚୁମ୍ବକୀୟ ରେଖା ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ହୋଇପାରେ । ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଯେଉଁସବୁ ସ୍ଥାନଗୁଡ଼ିକର ଦିଗପାତ ସମାନ ଭୂମଣ୍ଡଳ ମାନଚିତ୍ରରେ ସେହି ସମସ୍ତ ସ୍ଥାନର



(ଚିତ୍ର ନଂ 4.8) [ସମଦିଗପାତ ରେଖା]



(ଚିତ୍ର ନଂ 4 9) [ସମଆନତି ରେଖା]

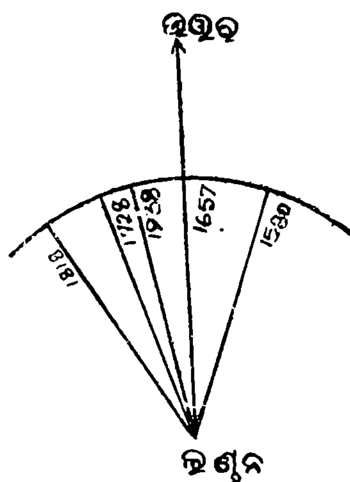
ଅବସ୍ଥାନକୁ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା ରେଖାକୁ **ସମଦିଗପାତ ରେଖା** (Isogonic lines) କୁହାଯାଏ । ଶୂନ୍ୟ ଦିଗପାତ ବିଶିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନକୁ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା ରେଖାକୁ **ଅଦିଗପାତ ରେଖା** (Agonic line) କହନ୍ତି । ସେହିପରି ସମ ଆନତି ବିଶିଷ୍ଟ

ସ୍ଥାନଗୁଡ଼ିକର ଅବସ୍ଥାନକୁ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା ରେଖାକୁ **ସମଆନତ ରେଖା** (Isoclinic line) କୁହାଯାଏ । ଯେଉଁସବୁ ସ୍ଥାନର ଆନତ କୋଣ ଶୂନ୍ୟ ସେହି ସ୍ଥାନଗୁଡ଼ିକର ସଂଯୋଗକାରୀ ରେଖାକୁ **ଅଣଆନତି ରେଖା** (Aclinic line) କହନ୍ତି । ଚୁମ୍ବକୀୟ ତୀବ୍ରତାର ଭୂସମାନ୍ତର ସଂଯୋଜକ ସମାନ ହୋଇଥିବା ସ୍ଥାନଗୁଡ଼ିକର ଅବସ୍ଥାନକୁ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା ରେଖାକୁ **ସମଭୂସମାନ୍ତରକ ରେଖା** (Isodynamic line) କହନ୍ତି ।

4.12 ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ପର୍ଯ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିବର୍ତ୍ତନ (Periodic Variation of magnetic elements) :

ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଅବସ୍ଥିତ ପ୍ରତ୍ୟେକ ସ୍ଥାନର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ମାନ ସର୍ବଦା ସ୍ଥିର ରହେନାହିଁ । ଏହା ପର୍ଯ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀଭାବରେ ବା ଅନିୟମିତଭାବରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥିବାର ଲକ୍ଷ କରାଯାଏ । ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ପର୍ଯ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିବର୍ତ୍ତନ (i) ସୁଦୀର୍ଘକାଳୀନ, (ii) ବାର୍ଷିକ, (iii) ଦୈନିକ ହୋଇପାରେ ।

(i) ସୁଦୀର୍ଘକାଳୀନ ପରିବର୍ତ୍ତନ (Secular variation) :— ଆନୁକ୍ରମିକଭାବରେ ପ୍ରତିବର୍ଷ କୌଣସି ସ୍ଥାନର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ମାନ ପର୍ଯ୍ୟାଲୋଚନା କଲେ ତାହା ଧୀର ଓ କ୍ରମିକଭାବରେ ଏକ ସୁଦୀର୍ଘ ସମୟରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥିବାର ଲକ୍ଷ କରାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରକାର ପର୍ଯ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ **ସୁଦୀର୍ଘକାଳୀନ ପରିବର୍ତ୍ତନ** କୁହାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରକାର ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର ସର୍ବଦା ସ୍ଥିର ହୋଇ ନ ପାରେ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ପରିବର୍ତ୍ତନ କିଛି ବର୍ଷ ଏକଭାବରେ ଓ ତାପରେ କିଛି ବର୍ଷ ବିପରୀତଭାବରେ ହୋଇପାରେ । ଶୋଡ଼ଶ ଶତାବ୍ଦୀରୁ ବିଂଶ ଶତାବ୍ଦୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଭିନ୍ନ ବର୍ଷରେ ଲଣ୍ଡନ୍‌ର ଦିଗପାତର ମାନ ଲିପିବଦ୍ଧ ହୋଇଅଛି । ତାହାର ପର୍ଯ୍ୟାଲୋଚନାରୁ ଲଣ୍ଡନର ଦିଗପାତ ଶୋଡ଼ଶ ଶତାବ୍ଦୀରୁ ପୂର୍ବଦିଗରୁ ପଶ୍ଚିମ ଦିଗର ଏକ ଚରମ ମାନ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯାଇ (ଚିତ୍ର ନଂ 4.10) ପୁଣି ପୂର୍ବ ଦିଗକୁ ଫେରି ଆସୁଥିବାର ଜଣାଯାଏ । ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଏକ ପର୍ଯ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଓ ତାହାର ପର୍ଯ୍ୟାୟକାଳ 960 ବର୍ଷ ବୋଲି ଅନୁମାନ କରାଯାଏ । ଲର୍ଡ଼ କେଲଭିନ୍‌ଙ୍କ ମତ ଅନୁଯାୟୀ ପୃଥିବୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅକ୍ଷ ତାହାର ଭୌଗୋଳିକ ଅକ୍ଷକୁ କେନ୍ଦ୍ର କରି ତାହା



(ଚିତ୍ର ନଂ 4·10)

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଧ୍ରୁବଗୁଡ଼ିକ ଆନୁମାନିକ ପ୍ରାୟ 950 ବର୍ଷରେ ଥରେ ଘୂରେ ଓ ତାହା ଫଳରେ ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ । ଏହି ଆବର୍ତ୍ତନ ଫଳରେ ଯେଉଁ ବୃତ୍ତ ଅଙ୍କିତ ହୁଏ ତାହାର କୌଣିକ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ପ୍ରାୟ $17°$ । କିନ୍ତୁ ପୃଥିବୀର ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ସ୍ଥାନରେ ଠିକ୍ ଏହି ପ୍ରକାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଲକ୍ଷ କରାଯାଏ ନାହିଁ । ବହୁସ୍ଥାନ ଅଛି ଯେଉଁଠାରେ କି ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ଖୁବ୍ ଅଧିକ । ବୈଜ୍ଞାନିକ ବାର୍ଟେଲସ୍ (Bartels) ମତ ପ୍ରଦାନ କରିଛନ୍ତି ଯେ ପୃଥିବୀର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ଯେଉଁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ ତାହା ପୁରାପୁରି ଏକ ଆଞ୍ଚଳିକ ବ୍ୟାପାର ଓ ଭୂଗର୍ଭରେ କୌଣସି ପ୍ରକାରର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ପରିଚଳନ ପ୍ରବାହ (Convection current) ଯୋଗୁ ଏହା ଘଟେ ଏବଂ ଏହି ପରିଚଳନ ପ୍ରବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ବିଭିନ୍ନ ହେଉଥିବାରୁ ସେହି ସ୍ଥାନମାନଙ୍କର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ବିଭିନ୍ନ ହୁଏ ।

(ii) **ବାର୍ଷିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ** (Annual variation) :—କୌଣସି ସ୍ଥାନର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ମାନ ବର୍ଷକ ମଧ୍ୟରେ ଧୀରେ ଧୀରେ ସାମାନ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ଓ ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ **ବାର୍ଷିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ** କୁହାଯାଏ । ଉତ୍ତର ଓ ଦକ୍ଷିଣ ଗୋଲାର୍ଦ୍ଧରେ ଏହି ପ୍ରକାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଏକ ସମୟରେ ବିପରୀତଭାବରେ ହୁଏ ।

(iii) **ଦୈନିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ** (Daily variation) :—ପ୍ରତିଦିନ ବିଭିନ୍ନ ସମୟରେ କୌଣସି ସ୍ଥାନର ଦିଗପାତ, ଆନତି କୋଣ ଇତ୍ୟାଦି ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ମାନ ସାମାନ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥିବାର ମଧ୍ୟ ଲକ୍ଷ କରାଯାଏ । ଯେଉଁଦିନ ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଖୁବ୍ ନଗଣ୍ୟ ହୁଏ ସେହି ଦିନକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଶାନ୍ତ ଦିନ ଓ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଦିନକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅଶାନ୍ତ ଦିନ କୁହାଯାଏ । ଦୈନିକ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର ମଧ୍ୟ ଦିନର ସବୁ ସମୟରେ ସମାନ ହୁଏନାହିଁ । ପ୍ରତିଦିନ ମଧ୍ୟାହ୍ନରେ ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅଧିକ ହୁଏ । ଏଥିରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଏହି ଦୈନିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପୃଥିବୀର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଓ ସୂର୍ଯ୍ୟଙ୍କ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ସୂର୍ଯ୍ୟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଉତ୍ସର୍ଜନ କରେ ତାହା ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ଆୟନ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ପୃଥିବୀର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ସମୟରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଆୟନପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍ତର ମଧ୍ୟ ଗତି କରେ ଓ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଏହି ଆୟନପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍ତରର ଗତି ଫଳରେ ଯେଉଁ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ତାହା ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରକୁ ପ୍ରଭାବିତ କରେ ଓ ତାହାଫଳରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ଦୈନିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ ।

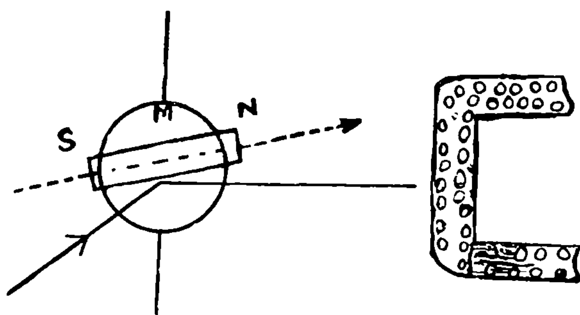
4·13 ଚୁମ୍ବକୀୟ ଝଞ୍ଜା (Magnetic storm) :

ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ଉପରୋକ୍ତ ପର୍ଯ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିବର୍ତ୍ତନ ବ୍ୟତୀତ ସମୟ ସମୟରେ ତାହାର ଏକ ଆକସ୍ମିକ ଓ ପ୍ରବଳ ପରିବର୍ତ୍ତନ ମଧ୍ୟ ଘଟେ । ଏହି ପ୍ରକାର

ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ **ଚୁମ୍ବକୀୟ ଝଞ୍ଜା** କୁହାଯାଏ । ଯେତେବେଳେ ଖୁବ୍ ବଡ଼ ଆକାରର **ସୌର କଳଙ୍କ** (Sun spot) ଦେଖାଯାଏ କିମ୍ବା ଉତ୍ତର ମେରୁ ନିକଟରେ ଆକାଶରେ **ଅରୋରା ବୋରିଏଲିଶ୍** (Aurora Borealis) ଦେଖାଯାଏ, ପ୍ରାୟ ସେହି ସମୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଝଞ୍ଜା ହେବାର ଲକ୍ଷ କରାଯାଏ । ଏହି ସମୟରେ ରେଡ଼ିଓ ସଂଚରଣ (Short wave radio transmission) ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଯନ୍ତ୍ରପାତିର ଆଚରଣରେ କେତେକ ପରିମାଣ ଅସ୍ୱାଭାବିକତା ପରିଦୃଷ୍ଟ ହୁଏ । ଚୁମ୍ବକୀୟ ଝଞ୍ଜା ପୃଥିବୀର ସବୁ ସ୍ଥାନରେ ପ୍ରାୟ ଏକ ସମୟରେ ଘଟିଥାଏ ।

4·14 ମାଗ୍ନେଟୋ ଗ୍ରାଫ୍ (Magneto graph) :

ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ମାନର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସ୍ୱୟଂକ୍ରିୟ ଭାବରେ ଗୋଟିଏ ଆଲୋକ ସୁବେଦୀ ଫିଲ୍ମ ଉପରେ ଧାରାବାହିକ ଭାବରେ ଲେଖାଚିତ୍ର ଆକାରରେ ଲିପିବଦ୍ଧ କରେ । ଏହା ଏକ ସୁଗ୍ରାହ୍ୟ ଓ ସ୍ୱୟଂକ୍ରିୟ ଯନ୍ତ୍ର । ବିଭିନ୍ନ ଅବୟବ ପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ମାଗ୍ନେଟୋ ଗ୍ରାଫ୍ ଉଦ୍ଭାବନ କରାଯାଇଅଛି ।

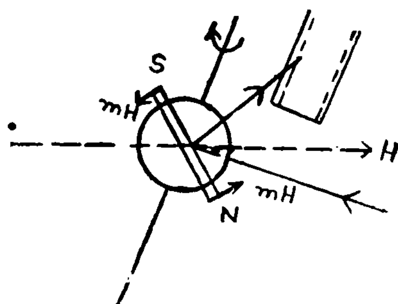


(ଚିତ୍ର ନଂ 4·11)

(i) ଦିଗପାତ ମାଗନେଟୋ ଗ୍ରାଫ୍ — ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ଦିଗପାତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଲିପିବଦ୍ଧ ହୁଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 4·11) ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକ SN ଏକ ତନ୍ତୁଦ୍ୱାରା ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଝୁଲୁଥାଏ ଓ ତାହା ସହିତ ଗୋଟିଏ ଅବତଳ ଦର୍ପଣ ସଂଲଗ୍ନ ହୋଇଥାଏ । ଏକ ସମାନ୍ତରାଳ ଆଲୋକ ରଶ୍ମି ଗୁଚ୍ଛ ଏହି ଦର୍ପଣଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ଗୋଟିଏ ଡ୍ରମ୍ ଉପରେ ରହିଥିବା ଏକ ଆଲୋକ ଚିତ୍ରଣ ଫିଲ୍ମ ଉପରେ ଆପତିତ ହୁଏ । ଡ୍ରମ୍ଟି ଭୂସମାନ୍ତର ଅକ୍ଷ ଚାରିଦିଗରେ ଘୂରିପାରେ ଓ ଏହି ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଫଳରେ ଆଲୋକ ଚିତ୍ରଣ ଫିଲ୍ମଟି ଚୁମ୍ବକର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଅକ୍ଷ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ଗତି କରେ । ଦିଗପାତ ସ୍ଥିର ରହିଲେ ଫିଲ୍ମ ଉପରେ (ଡେଭଲୋପ ହେବା ପରେ) ଆଲୋକ

ରଶ୍ମି ଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ସରଳରୈଖିକ ଦାଗ ଚହ୍ନିତ ହେବ । ଦଗପାତ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଦର୍ପଣଟି ଚୁମ୍ବକ ସହିତ ଘୂରିଯାଏ ଓ ଏହା ଫଳରେ ପ୍ରତିଫଳିତ ଆଲୋକ ରଶ୍ମି ଫିଲମ୍ ଉପରେ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗତିଶୀଳ ଫିଲମ୍ ଉପରେ ଆଲୋକ ରଶ୍ମି ଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ତରଙ୍ଗାୟିତ ବା ଅଙ୍କାବଙ୍କା ରେଖା ଅଙ୍କିତ ହୁଏ । ତେଣୁ ଏହି ରେଖାର ଲକ୍ଷଣରୁ ଦଗପାତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଜାଣିହୁଏ ।

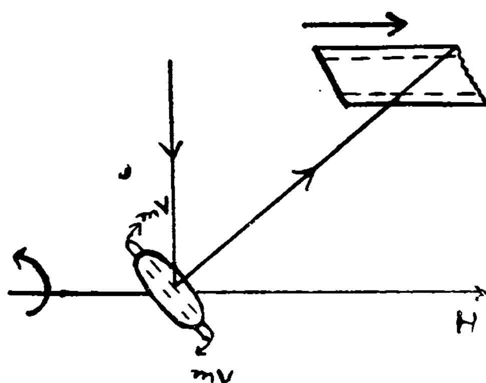
(ii) ଭୂସମାନ୍ତର ପରିବର୍ତ୍ତମିଟର (Horizontal variometer) —ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ H ର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଲିପିବଦ୍ଧ ହୁଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 4·12) ଏକ ମୋଡ଼ନ କ୍ୱାର୍ଜ ତନ୍ତୁ ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ଝୁଲୁଥାଏ ଓ ତାହା ସହିତ ଗୋଟିଏ ଅବତଳ ଦର୍ପଣ ସଂଲଗ୍ନ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରଥମେ ମୋଡ଼ନ ମୁଣ୍ଡ (Torsion head) କୁ ଘୂରାଇ ଚୁମ୍ବକର ଅକ୍ଷକୁ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ସହିତ ସମକୋଣରେ ରଖାଯାଏ । ଚୁମ୍ବକ ସହିତ ସଂଲଗ୍ନ ଦର୍ପଣରେ ଆଲୋକ ରଶ୍ମି ପ୍ରତିଫଳିତ ହୋଇ ଗୋଟିଏ ଆଲୋକ ଚିତ୍ରଣ ଫିଲମ୍ ଉପରେ ପଡ଼େ । H ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଚୁମ୍ବକଟି ଅଳ୍ପ ଘୂରିଯାଏ ଓ ତାହା ସହିତ ଦର୍ପଣଟି ମଧ୍ୟ ଘୂରିଯାଏ । ଏହା ଫଳରେ ପ୍ରତିଫଳିତ ଆଲୋକରଶ୍ମି ଫିଲମ୍ ଉପରେ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ ଓ ତାହା ଉପରେ ଗୋଟିଏ ଅଙ୍କାବଙ୍କା ରେଖା ଅଙ୍କନ କରେ । *H* ପରିବର୍ତ୍ତିତ ନହେଲେ ଫିଲମ୍ ଉପରେ ସରଳରେଖା ଅଙ୍କିତ ହୁଏ । ତେଣୁ ଏହି ରେଖାର ଲକ୍ଷଣରୁ *H* ପରିବର୍ତ୍ତନ ଜଣାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 4·12)

(iii) ଭୂଲମ୍ବ ପରିବର୍ତ୍ତମିଟର (Vertical Variometer) :— ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂଲମ୍ବ ସଂଯୋଜକ V ର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଲିପିବଦ୍ଧ ହୁଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଅକ୍ଷ (ଚିତ୍ର ନଂ 4.13) ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନଶୀଳ ଚୁମ୍ବକାସ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟରେଖା ସହିତ ସମକୋଣରେ ରଖାଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାନରେ ଉତ୍ତର ଗୋଲାର୍ଦ୍ଧରେ ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁ ନିମ୍ନକୁ ରହିବ । ସେଥିପାଇଁ ମଧ୍ୟରେଖା ଦଗରେ

ଥିବା ଭୂସମାନ୍ତର ମୋଚନ ତନ୍ତୁ ସାହାଯ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକଟିକୁ ଭୂସମାନ୍ତର କରାଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାନରେ ଚୁମ୍ବକ ଉପରେ ଭୂସମାନ୍ତର ସଂଯୋଜକ Hର କୌଣସି ପ୍ରଭାବ ନ ଥାଏ ଓ ଚୁମ୍ବକର ପ୍ରତ୍ୟେକ ମେରୁ ଉପରେ mV ବଳ କ୍ରିୟା କରେ । ଏଠାରେ m=ଚୁମ୍ବକର ମେରୁପ୍ରାବଲ୍ୟ ଓ V=ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର



(ଚିତ୍ର ନଂ 4.13)

ଭୂଲମ୍ବ ସଂଯୋଜକ । V ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲେ ଚୁମ୍ବକଟି ଘୂରିଯାଏ ଓ ତତ୍ ସଂଲଗ୍ନ ଦର୍ପଣଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିଫଳିତ ଆଲୋକ ରଶ୍ମି, ଆଲୋକ ଚିତ୍ରଣ ଫିଲମ୍ ଉପରେ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ । ତେଣୁ ଗତିଶୀଳ ଫିଲମ୍ ଉପରେ ଅଙ୍କିତ ଅଙ୍କାବଙ୍କା ରେଖା ସାହାଯ୍ୟରେ Vର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଜାଣିହୁଏ ।

4.15 ଭୂଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ତତ୍ତ୍ୱ (Theory of Earth's magnetism) :

1· ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ତତ୍ତ୍ୱ (Bar magnet theory) :—

ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରଭାଗରେ ଭୌଗୋଳିକ ଉତ୍ତର ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗ ସହିତ 17° କୋଣରେ ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିବା ଅନୁମାନ କରି ତାହାର ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ବିଚାର କରାଯାଇ ପାରେ । ଏହି ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁ ପୃଥିବୀର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିବାର ଜଣାଯାଏ । ଚିତ୍ର ନଂ 4·14 ରେ NS ପୃଥିବୀର ଅକ୍ଷ, NS ଭୂଚୁମ୍ବକ ଏବଂ O ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ର । ମନେକର ପୃଥିବୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ=r ଓ ଭୂଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ=M । ବର୍ତ୍ତମାନ ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । ମନେକର P ବିନ୍ଦୁର ଅକ୍ଷାଂଶ=λ ।

(i) P ବିନ୍ଦୁରେ PO ଦିଗରେ **କାର୍ଯ୍ୟ** କରୁଥିବା ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଅରୀୟ ବା ଭୂଲମ୍ବ **ଉପାଂଶ** ।

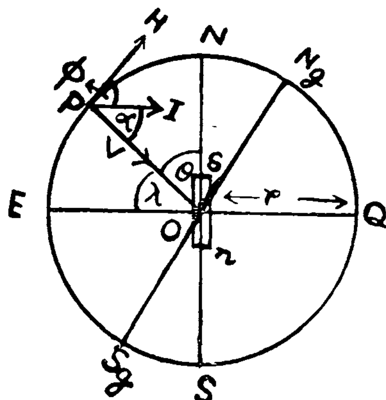
$$V=\frac{2M\cos\theta}{r^3}$$

(∵ P ବିନ୍ଦୁ S – ମେରୁର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ)

$$= \frac{2M \sin \lambda}{r^3}$$

[∵ $\theta = (90° - \lambda)$]

(ii) P ବିନ୍ଦୁରେ PH ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ବା ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ—



(ଚିତ୍ର ନଂ 4·14)

$$H = \frac{M \sin \theta}{r^3} = \frac{M \cos \lambda}{r^3}$$

ସୁତରାଂ P ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା—

$$I = \sqrt{V^2 + H^2}$$

$$= \frac{M}{r^3} (1+3 \cos^2\theta)^{1/2}$$

$$= \frac{M}{r^3} (1+3 \sin^2\lambda)^{1/2} \cdots (4·12)$$

ମନେକର PO ଦିଗ ସହିତ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା I ର ଆନତି କୋଣ $= \alpha$

$$\therefore \tan \alpha = \frac{\tan \theta}{2}$$

P ବିନ୍ଦୁରେ ଆନତି କୋଣ $\phi = (90° - \alpha)$

$\therefore \alpha = 90° - \phi$

ପୁନଶ୍ଚ $\theta = 90° - \lambda$

$$\tan (90° - \phi) = \frac{\tan (90° - \lambda)}{2}$$

$$\therefore \cot \phi = \frac{\cot \lambda}{2}$$

କିମ୍ବା $\tan \phi = 2 \tan \lambda$ ··· ··· (4·13)

(a) ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଷୁବରେଖାରେ $\lambda = 0$

ସୁତରାଂ ସେଠାରେ (i) ତୀବ୍ରତା $I = I_e = \frac{M}{r^3}$ ··· (4·14)

ଓ (ii) ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ $H = He = \frac{M}{r^3}$ ... (4·15)

$\therefore\ M = r^3 H_0 = r^3 I e$ ... ... (4.16)

(b) ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ନିକଟରେ $\lambda = 90°$

ସୁତରାଂ ସେଠାରେ (i) ତୀବ୍ରତା $I = I_p = \frac{2M}{r^3}$ ... (4.17)

ଓ (ii) ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ $H = H_p = 0$

ସମୀକରଣ (4.14) ଓ (4.17) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$I_p = 2I_e \quad .... \quad .... \quad (4.18)$$

ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ଜଣାଯାଏ ଯେ $I_p = 0.6$ ଓ $I_e = 0.33$ । ତେଣୁ ଭୂଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ତତ୍ତ୍ୱ ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ଅନେକାଂଶରେ ସମର୍ଥିତ ।

(2) ଚୁମ୍ବକିତ ଗୋଲକ ତତ୍ତ୍ୱ (Magnetised sphere theory) :

ସମଭାବରେ ଚୁମ୍ବକିତ ଗୋଟିଏ ଗୋଲକ ଯୋଗୁଁ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ବିଭବ, ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ରରେ ତାହାର ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ଦିଗରେ ଅବସ୍ଥିତ ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ଯୋଗୁ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ବିଭବ ସହିତ ସମାନ । ତେଣୁ ପୃଥିବୀକୁ ଗୋଟିଏ ସୁଷମ ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକିତ ଗୋଲକ ବୋଲି ଧରାଯାଇପାରେ ।

ସୁତରାଂ ଭୂଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ

$$M = \frac{4}{3}\pi r^3 I_m$$

(I_m = ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ତୀବ୍ରତା)

କିମ୍ବା $\frac{M}{r^3} = \frac{4}{3}\pi I_m$ ... ... (4.19)

ସମୀକରଣ (4.14) ଅନୁଯାୟୀ $\frac{M}{r^3} = Ie$

$\therefore\ \frac{4}{3}\pi I_m = I_e$

କିମ୍ବା $I_m = \frac{3}{4\pi} \times Ie = \frac{3}{4\pi} \times 0.33 = 0.0788$

(3) କବଚ ତତ୍ତ୍ୱ (Shell theory) :

ଏହି ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ ପୃଥିବୀ ଏକ ଗୋଲକାର ଚୁମ୍ବକ କବଚ । ବୈଜ୍ଞାନିକ ସୁଷ୍ଟର (Schuster) ଦର୍ଶାଇଛନ୍ତି ଯେ ପୃଥିବୀର ଆକାରର ଏକ ଲୌହ ଗୋଲକର ସର୍ବାଧିକ ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ତୀବ୍ରତା 100 । ଯେହେତୁ ଉପରୋକ୍ତ ହିସାବ ଅନୁଯାୟୀ ଭୂଚୁମ୍ବକର $I_m = 10 \cdot 8^{-}$, ତେଣୁ ପୃଥିବୀ ଏକ ସୁଷମ ଭାବରେ ଚୁମ୍ବକିତ ଗୋଲକ ହୋଇ ନ ପାରେ ଏବଂ ଏହାର ବାହ୍ୟ ସ୍ତରଟି ବୋଧହୁଏ ଚୁମ୍ବକିତ ।

4.16 ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପତ୍ତିର ସମ୍ଭାବ୍ୟ କାରଣ :

ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପତ୍ତି ସମ୍ପର୍କରେ ବିଭିନ୍ନ ବୈଜ୍ଞାନିକ ବିଭିନ୍ନ ମତ ପୋଷଣ କରିଛନ୍ତି । ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଯେଉଁସବୁ ତତ୍ତ୍ୱ ପରିବେଷିତ ହୋଇଅଛି ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ କୌଣସିଟି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ସନ୍ତୋଷଜନକ ନୁହେଁ । ଡକ୍ଟର ଗିଲବାର୍ଟଙ୍କ ମତ ଅନୁଯାୟୀ ପୃଥିବୀ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା 'ମାଗ୍‌ନେଟାଇଟ୍' ତାହାର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର କାରଣ ଅଟେ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତ ପକ୍ଷରେ ଭୂପୃଷ୍ଠର କେବଳ କେତେକ ଅଞ୍ଚଳରେ ମାଗ୍‌ନେଟାଇଟ୍ ଦେଖାଯାଏ ଓ ତାହାର ପରିମାଣ ମଧ୍ୟ ଖୁବ୍ କମ୍ । ଏଣୁ ଏହି ଖଣିଜ ପଦାର୍ଥ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର କାରଣ ହୋଇ ନ ପାରେ । ଏହାପରେ ଅନୁମାନ କରାଗଲା ଯେ ବୋଧହୁଏ ପୃଥିବୀ ମଧ୍ୟରେ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ପରିମାଣ ଲୌହଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଅଛି ଓ ଏହି ଲୌହଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ଯୋଗୁଁ ଭୂଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ପ୍ରକାଶ ପାଏ । କିନ୍ତୁ ଏହି ତତ୍ତ୍ୱ ମଧ୍ୟ ସମ୍ଭବପର ନୁହେଁ । କାରଣ ପୃଥିବୀର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ପ୍ରଦେଶରେ ତାପମାତ୍ରା ଖୁବ୍ ଅଧିକ (1800 ମାଇଲ ଗଭୀରରେ ତାପମାତ୍ରା ପ୍ରାୟ 12000° C) ଓ ଏହି ତାପମାତ୍ରାରେ କୌଣସି ଲୌହଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ତାହାର ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ବଜାୟ ରଖିପାରେ ନାହିଁ । ସୋଭିଏତ୍ ଦେଶର ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ମତ ପୋଷଣ କରନ୍ତି ଯେ ପୃଥିବୀର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ପ୍ରଦେଶ ଖାଣ୍ଟି ଲୁହାଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଏହା ଯଦି ସତ୍ୟ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ବି ଲୌହ ମଧ୍ୟ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ତାପମାତ୍ରାରେ ତାହାର ସମସ୍ତ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ହରାଏ । ତେଣୁ ପୃଥିବୀର ଗଭୀରତମ ପ୍ରଦେଶରେ ଅବସ୍ଥିତ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥ ଯୋଗୁଁ ଭୂଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ଉତ୍ପତ୍ତି ହୋଇ ନ ପାରେ । ସମ୍ଭବତଃ ପୃଥିବୀର ବାହ୍ୟ ପୃଷ୍ଠଭାଗ ଚୁମ୍ବକିତ ଅର୍ଥାତ୍ ପୃଥିବୀ ଏକ ବୃହତ୍ ଗୋଲକାର ଚୁମ୍ବକ କବଚ । କିନ୍ତୁ ଏହି କବଚ ତତ୍ତ୍ୱ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ପର୍ଯ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିବର୍ତ୍ତନର କାରଣ ସମ୍ବନ୍ଧରେ କୌଣସି ଆଲୋକପାତ କରେନାହିଁ ଏବଂ ଏହି ତତ୍ତ୍ୱଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବର ପରିବର୍ତ୍ତନକୁ ବୁଝାଇବାକୁ ହେଲେ ଭୂଚୁମ୍ବକ କବଚର ଚୁମ୍ବକୀକରଣ ଦିଗ ସମ୍ଭବତଃ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେଉଥିବାର ଅନୁମାନ କରିବାକୁ ହେବ ।

ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଉତ୍ପତ୍ତିର କାରଣ ଯାହାହେଉନା କାହିଁକି ଏହା ଯେ ପୃଥିବୀର କୌଣସି ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ କାରଣ ଯୋଗୁଁ ଘଟେ ଏହା ବିଭିନ୍ନ ପରୀକ୍ଷାର ଫଳସ୍ୱରୂପ ନିଃସନ୍ଦେହରେ କୁହାଯାଇପାରେ । ସୂର୍ଯ୍ୟର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ପ୍ରଦେଶର ତାପମାତ୍ରା ଖୁବ୍ ଅଧିକ । ଏହା ସତ୍ତ୍ୱେ ସୂର୍ଯ୍ୟର ଏକ ଅରୀୟ (Radial) ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଥିବାର ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ସଠିକ୍‌ଭାବେ ଜଣାଯାଇଛି । ତେଣୁ ପୃଥିବୀର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ପ୍ରଦେଶର ତାପମାତ୍ରା ଖୁବ୍ ଅଧିକ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ତାହା ଏକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଉତ୍ପତ୍ତି ସ୍ଥଳ ହୋଇପାରେ । କେତେକ ବୈଜ୍ଞାନିକଙ୍କ ମତରେ ପୃଥିବୀ ପ୍ରଧାନତଃ ଲୌହ, କୋବାଲଟ୍, ନିକେଲ୍ ପ୍ରଭୃତି ଧାତବ ପଦାର୍ଥରେ ଗଠିତ ଓ ଏହି ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବଣତା (Susceptibility) ଏତେ ଅଧିକ ଯେ ପୃଥିବୀର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ପ୍ରଦେଶର ତାପମାତ୍ରା ଖୁବ୍ ଅଧିକ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ସେମାନଙ୍କର ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ବଜାୟ ରହେ ।

କୌଣସି ବାହ୍ୟ ଅପାର୍ଥିବ ବସ୍ତୁ ଅର୍ଥାତ୍ ଗ୍ରହ, ନକ୍ଷତ୍ର ଇତ୍ୟାଦି ଭୂଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ଉତ୍ପତ୍ତିର କାରଣ ହୋଇପାରେ କି ନା ଏ ବିଷୟରେ ମଧ୍ୟ ଗବେଷଣା କରାଯାଇଛି । ଜିମେନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା (Zeeman effect) ପର୍ଯ୍ୟାଲୋଚନାରୁ କେବଳ ସୂର୍ଯ୍ୟଙ୍କର ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଥିବାର ଜଣାଯାଏ କିନ୍ତୁ ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ବହୁଦୂରରେ ଖୁବ୍ କ୍ଷୀଣ ହୋଇଯାଏ । ଯଦିଓ ସୂର୍ଯ୍ୟକଳଙ୍କ (un spot) ସମୟରେ ପୃଥିବୀ ପୃଷ୍ଠରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଝଞ୍ଜା ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଓ ସେଥିରୁ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉପରେ ସୂର୍ଯ୍ୟଙ୍କର ପ୍ରଭାବ ଅଛିବୋଲି ଅନୁମାନ କରାଯାଏ ତଥାପି ସୂର୍ଯ୍ୟଙ୍କ ପ୍ରଭାବଦ୍ୱାରା ଭୂଚୁମ୍ବକ-କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପତ୍ତି ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ଖୁବ୍ କମ୍ ।

ଭୂଚୁମ୍ବକର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବ ସଦାସର୍ବଦା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥିବାରୁ କେତେକ ବୈଜ୍ଞାନିକ ମତ ପୋଷଣ କରନ୍ତି ଯେ ଭୂଚୁମ୍ବକ ଏକ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ହୋଇ ନ ପାରେ । ସେମାନଙ୍କ ମତରେ ପୃଥିବୀ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକ ଏବଂ ପୃଥିବୀର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ପ୍ରଦେଶରେ ହେଉ ବା ତାହାର ବାହ୍ୟ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ହେଉ, ପୂର୍ବରୁ ପଶ୍ଚିମକୁ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଯୋଗୁଁ ପୃଥିବୀର ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ପୃଥିବୀର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଭାଗରେ ଏପରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ଓ ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହକୁ ବଜାୟ ରଖିବା ପାଇଁ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ଓ ସେପରି ଶକ୍ତି ପୃଥିବୀ ମଧ୍ୟରେ ନିହିତ ଥିବାର କୌଣସି ପ୍ରମାଣ ମିଳେନାହିଁ । ତେଣୁ କେବଳ ଉଚ୍ଚତର ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ହେଉଥିବାର ଅନୁମାନ କରାଯାଏ । ସୂର୍ଯ୍ୟ ଯେଉଁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ଓ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଗୃର୍ଜିତ କଣିକା ଉତ୍ସର୍ଜନ କରେ ତାହା ବାୟୁ-ମଣ୍ଡଳରେ ଆୟନ ସୃଷ୍ଟିକରେ । ପୃଥିବୀର ଉଚ୍ଚତର ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ଯେଉଁ ସ୍ତରରେ ଏହି ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଅଧିକ ପରିମାଣରେ ଦେଖାଯାଏ ସେହି ସ୍ତରକୁ **ଆୟନସ୍ତର** (Ionosphere) କୁହାଯାଏ । ତାପନ ଓ ଶୀତଳନ ଦ୍ୱାରା ଏହି ଆୟନସ୍ତର ମଧ୍ୟରେ

ଯେଉଁ ପରିଚଳନ ପ୍ରବାହ (Convection current) ହୁଏ ତାହା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ସୃଷ୍ଟି କରେ ଏବଂ ଏହାଦ୍ୱାରା ଏକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଶତକଡ଼ା 2 ଭାଗରୁ ଅଧିକ ହୋଇ ନ ପାରେ ଓ ତେଣୁ ବାହ୍ୟ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପତ୍ତିର ଏକମାତ୍ର କାରଣ ହୋଇ ନ ପାରେ ।

ବୈଜ୍ଞାନିକ ମାକ୍ସ୍‌ୱେଲ୍ (Maxwell) ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଉତ୍ପତ୍ତି ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଅନ୍ୟ ଏକ ତତ୍ତ୍ୱ ପରିବେଷଣ କରିଛନ୍ତି । ସେହି ତତ୍ତ୍ୱକୁ **ବିଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତତ୍ତ୍ୱ** (Geomagnetic Theory) କୁହାଯାଏ । ଏହି ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ ପୃଥିବୀର ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରମାଣୁରେ ଥିବା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ଗାଇରୋସ୍କୋପ୍ (Gyroscope) ସଦୃଶ ଘୂରେ ଓ ତାହାର ବିଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଅକ୍ଷ ପୃଥିବୀର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଅକ୍ଷ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ରହେ ଓ ଏହି ବିଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଫଳରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ପୃଥିବୀର ସମସ୍ତ ଅଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକର ବିଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଫଳରେ ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ତାହା ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରଭାବରେ ପ୍ରକାଶ ପାଏ । ଏହି ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ ଉତ୍ପନ୍ନ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ପୃଥିବୀର କୌଣିକ ଗତି ସହିତ ସମାନୁପାତି ହେବ । କିନ୍ତୁ ପୃଥିବୀର କୌଣିକ ଗତି ଖୁବ୍ କମ୍ ଓ ଏହି କୌଣିକ ଗତିଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ତାହା ଭୂଚୁମ୍ବକତ୍ୱଠାରୁ ଖୁବ୍ କମ୍ । ତେଣୁ ପୃଥିବୀର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ତାହାର ଚୁମ୍ବକତ୍ୱର କାରଣ ହୋଇ ନ ପାରେ ।

ଭୂଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ଉତ୍ପତ୍ତି ସମ୍ବନ୍ଧରେ ସର୍ବଶେଷରେ ଯେଉଁ ତତ୍ତ୍ୱ ପରିବେଷଣ କରାଯାଇଛି ତାହାକୁ 'ଡାଇନାମୋ ତତ୍ତ୍ୱ' (Dynamo theory) କୁହାଯାଏ । ଏହି ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ ପୃଥିବୀର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଭାଗରେ ଥିବା ତରଳ ପଦାର୍ଥର ପରିଚଳନ ପ୍ରବାହ ଦ୍ୱାରା ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ପୁନଶ୍ଚ ଏହି ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ପରିଚଳନ ପ୍ରବାହର ହାର ପୃଥିବୀର ବିଭିନ୍ନ ଅଞ୍ଚଳରେ ବିଭିନ୍ନ ହୋଇଥାଏ ଓ ତଦନୁଯାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବସ୍ଥାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଘଟେ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ପୃଥିବୀର ଉଚ୍ଚତର ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ଥିବା ଆୟନର ଗତି ଫଳରେ ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ତାହା ମଧ୍ୟ କେତେକାଂଶରେ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଉତ୍ପତ୍ତି ଓ ତାହାର ପରିବର୍ତ୍ତନର କାରଣ । ଆଜିକାଲି ବାୟୁମଣ୍ଡଳକୁ କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହ ଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକୀୟ ମାପ ଯନ୍ତ୍ର ପଠାଇ ଭୂପୃଷ୍ଠଠାରୁ ପ୍ରାୟ 60-70 ହଜାର ମାଇଲ ଦୂରରେ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରଭାବ ଥିବାର ଲକ୍ଷ କରାଯାଇଛି ଓ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଅଧିକ ତଥ୍ୟ ସଂଗ୍ରହ କରାଯାଉଛି ।

ଏ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପତ୍ତିର କାରଣ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ଯେତେ ତଥ୍ୟ ପରିବେଷିତ ହୋଇଅଛି ସେଗୁଡ଼ିକ ସବୁ ଅସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବୋଲି ଧରାଯାଇପାରେ ଏ ବିଷୟରେ ଅଧିକ ଗବେଷଣା କରାଯାଉଛି ଓ ଦିନେ ନା ଦିନେ ଭୂଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ପ୍ରକୃତ ଓ ସଠିକ କାରଣ ଆବିଷ୍କୃତ ହେବ । ତେବେ ବର୍ତ୍ତମାନ ଏତିକ ବୁଝାଯାଇପାରେ ଯେ ପୃଥିବୀର କୌଣସି ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ କାରଣ ଯୋଗୁ ଭୂଚୁମ୍ବକତ୍ୱ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ଏବଂ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ଓ ବାହ୍ୟ କାରଣ ଯୋଗୁ ତାହାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ।

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବଗୁଡ଼ିକର ସଂଜ୍ଞା ଲେଖ । କୌଣସି ସ୍ଥାନର ଦିଗପାତ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାର ଏକ ରୀତି ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

2. ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଚୁମ୍ବକୀୟ ଅବୟବ କଣ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ସଂଯୋଜକ Hର ମାନ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ?

3. ଆନତିବୃତ୍ତର ନିର୍ମାଣ ଓ କାର୍ଯ୍ୟପ୍ରଣାଳୀ ବର୍ଣ୍ଣନା କର । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ସ୍ଥାନର ଆନତି କୋଣ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ବୁଝାଇଦିଅ ।

4. କିଉ ମାଗନେଟୋମିଟରର ଗଠନ ଓ କାର୍ଯ୍ୟପ୍ରଣାଳୀ ବୁଝାଇଦିଅ । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ସଂଯୋଜକ H କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

5. କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଆନତି କୋଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ରୀତି ବର୍ଣ୍ଣନା କର । ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାନରେ ପରସ୍ପର ଲମ୍ବ ଦୁଇଦିଗରେ ଯଦି ଆଭାସୀ ଆନତି କୋଣ ϕ_1 ଓ ϕ_2 ହୁଏ ଓ ପ୍ରକୃତ ଆନତି କୋଣ ϕ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ପ୍ରମାଣ କର ଯେ

$$\cot^2 \phi = \cot^2 \phi_1 + \cot^2 \phi_2$$

6. କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ପରସ୍ପର ଲମ୍ବ ଦୁଇ ଦିଗରେ ଆଭାସୀ ଆନତି କୋଣ 45° ଓ 60° । ସେହି ସ୍ଥାନର ପ୍ରକୃତ ଆନତି କୋଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

7. ଗୋଟିଏ ଆନତିବୃତ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଦିଗରେ ସ୍ଥାପିତ । ଏହାକୁ ଯଦି ଭୂସମାନ୍ତର ସମତଳରେ β କୋଣ ଘୂରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ପ୍ରମାଣ କର ଯେ ଆନତି କୋଣରେ ଟାନଜେଣ୍ଟ $\sec \beta : 1$ ଅନୁପାତରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ।

8. ପୃଥିବୀର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡଚୁମ୍ବକ ଯଦି ଭୂଚୁମ୍ବକତ୍ୱର କାରଣ ବୋଲି ଅନୁମାନ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ପ୍ରମାଣ କର ଯେ

$$\tan \phi = 2 \tan \lambda ; \text{ } (\phi = \text{ଆନତକୋଣ}, \lambda = \text{ଅକ୍ଷାଂଶ})$$

9. ଯଦି ପୃଥିବୀକୁ ଗୋଟିଏ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକିତ ଗୋଲକ ମନେ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ଦର୍ଶାଅ ଯେ

$$\tan \phi = 2 \tan \lambda .$$

10. ଭୂଚୁମ୍ବକତ୍ୱର ସମ୍ଭାବ୍ୟ କାରଣ କଣ ହୋଇପାରେ ଆଲୋଚନା କର ।

11. କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଆନତି କୋଣ 45° ଓ ଭୂଚୁମ୍ବକ୍ଷେତ୍ରର ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା $I = 0{\cdot}36$ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍ । ସେହି ସ୍ଥାନରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଝୁଲୁଥିବା ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନ ସଂଖ୍ୟା ମିନିଟ ପ୍ରତି 10 ଅଟେ । ଅନ୍ୟ ଏକ ସ୍ଥାନରେ ଯେଉଁଠାରେ $\phi = 30^\circ$ ଓ $I = 0{\cdot}38$ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍, ସେଠାରେ ମିନିଟ୍ ପ୍ରତି ଦୋଳନ ସଂଖ୍ୟା କେତେ ହେବ ?

ଦ୍ୱିତୀୟ ଭାଗ

ପଞ୍ଚମ ପରିଚ୍ଛେଦ

ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଜ୍ଞାନ

(Electrostatics)

5·1 ବିଦ୍ୟୁତୀକରଣ :

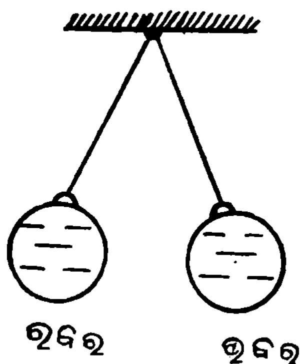
କେତେକ ପଦାର୍ଥକୁ ଅନ୍ୟ କେତେକ ପଦାର୍ଥ ସହିତ ଘର୍ଷଣ କଲେ ସେଗୁଡ଼ିକ ଯେ ଛୋଟ ଛୋଟ କର୍କ, ପିଥ୍ ବା କାଗଜ ଖଣ୍ଡକୁ ଆକର୍ଷଣ କରିପାରନ୍ତି ଏ ବିଷୟ ପ୍ରାଚୀନ ଗ୍ରୀକ୍‌ମାନେ ଜାଣିଥିଲେ । ପ୍ରାୟ ଖ୍ରୀଷ୍ଟପୂର୍ବ 600ରେ ଦାର୍ଶନିକ ଥେଲସ୍ (Thales) ଏମ୍ବର୍ (Amber) ନାମକ ଏକ ପଦାର୍ଥରେ ଏହି ଧର୍ମ ଅଧିକ ମାତ୍ରାରେ ଥିବାର ଦର୍ଶାଇ ଥିଲେ । ଏହାପରେ ବହୁବର୍ଷ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏ ସମ୍ପର୍କରେ କୌଣସି ଗବେଷଣା ହୋଇଥିବାର ପ୍ରମାଣ ମିଳେନାହିଁ । 1600 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଉଇଲିୟମ୍ ଗିଲ୍‌ବାର୍ଟ ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ ଗୋଟିଏ କାଚ ଦଣ୍ଡକୁ ଖଣ୍ଡିଏ ଶୁଷ୍କ ରେଶମ କନାଦ୍ୱାରା ଘର୍ଷଣ କଲେ ତାହା ଛୋଟ ଛୋଟ କାଗଜ ଖଣ୍ଡକୁ ଆକର୍ଷଣ କରିପାରେ । ସେହିପରି ଇବୋନାଇଟ୍ (Ebonite) ଦଣ୍ଡକୁ ଶୁଷ୍କ ପଶମ ବସ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ଘର୍ଷଣ କଲେ ତାହା ମଧ୍ୟ ଛୋଟ ଛୋଟ କାଗଜ ବା ପିଥ୍ ଖଣ୍ଡକୁ ଆକର୍ଷଣ କରିପାରେ । ଡକ୍ଟର ଗିଲବାର୍ଟଙ୍କ ମତ ଅନୁଯାୟୀ ଘର୍ଷଣଦ୍ୱାରା ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ବିଦ୍ୟୁତୀକରଣ (Electrification) ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ ସେଥିରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ (Electric charge) ଉପୁଜାତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକ ଚାର୍ଜଯୁକ୍ତ (Electrified) ହୋଇଥିବାର କୁହାଯାଏ । ଘର୍ଷଣଦ୍ୱାରା ଉପୁଜାତ ହେଉଥିବା ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କୁ **ଘର୍ଷଣ ବିଦ୍ୟୁତ୍** (Frictional electricity) କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଏହା ସ୍ଥିର ବା ଗତିହୀନ ଅବସ୍ଥାରେ ଥିଲେ **ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍** (Static electricity) ନାମରେ ଅଭିହିତ ହୁଏ ।

ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାପ କାର୍ଯ୍ୟ ତଥା କେତେକ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯନ୍ତ୍ରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ଗତିଶୀଳ ହୋଇଥାଏ କିନ୍ତୁ ଏ ସମସ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୋଇ ସ୍ଥିର ସନ୍ତୁଳନ ଅବସ୍ଥା ପ୍ରାପ୍ତ ହେବାପରେ କେବଳ ତାହାର ପ୍ରଭାବ ବା କ୍ରିୟା ବିବେଚନା କରାଯାଏ ।

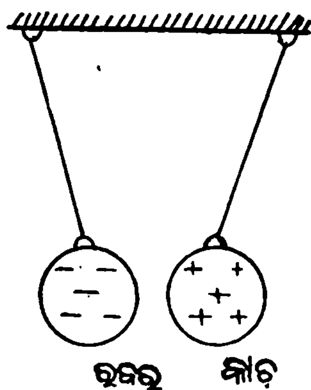
'ଆଧୁନିକ ପଦାର୍ଥ ବିଜ୍ଞାନ' କ୍ଷେତ୍ରରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ର ଭୂମିକା ବଡ଼ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ । ଏହା ପଦାର୍ଥର ପାରମାଣବିକ ଗଠନ ତଥା ଧର୍ମ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ନୂତନ ଆଲୋକପାତ କରିଅଛି । ଶିଳ୍ପ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ର ଅବଦାନ ଅତୁଳନୀୟ । ବିଗତ ବହୁ ଶତାବ୍ଦୀ ଧରି ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ର କେତେକ ମୌଳିକ ଧର୍ମ ତଥା ତାହାର କେତେକ ପ୍ରୟୋଗ ବିଷୟ ଜଣାଥିଲେ ମଧ୍ୟ ଆଧୁନିକ ଯୁଗରେ ଏହା ଏକ ନୂତନ ପ୍ରତିଷ୍ଠାଲାଭ କରିଛି କାରଣ ଚଳିତ ଶତାବ୍ଦୀରେ ରେଡ଼ିଓ, ଟେଲିଭିଜନ୍, ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଲାଉଡ଼୍ ସ୍ପିକର୍, କଣିକା ତ୍ୱରକ ପ୍ରଭୃତି ଯେଉଁସବୁ ବୈଜ୍ଞାନିକ ତଥା ଦୈନନ୍ଦିନ ବ୍ୟବହାର୍ଯ୍ୟ ଯନ୍ତ୍ରପାତି ଉଦ୍ଭାବିତ ହୋଇଅଛି ସେ ସମସ୍ତର ନିର୍ମାଣ ଓ କାର୍ଯ୍ୟ ରୀତି ଅନେକାଂଶରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ର ଧର୍ମ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

5.2 ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ :

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ଦୁଇପ୍ରକାର । ଯେତେବେଳେ ଦୁଇଟି ହାଲୁକା ରବର ବା ଇବୋନାଇଟ୍ ଗୋଲକକୁ ରେଶମ ସୂତାଦ୍ୱାରା ପାଖାପାଖି ଝୁଲାଇ ଦିଆଯାଏ ଓ ପ୍ରତ୍ୟେକକୁ ପଶମ ବସ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ଘର୍ଷଣ କରାଯାଏ ସେତେବେଳେ ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ବିକର୍ଷଣ (ଚିତ୍ର ନଂ 5.) କରନ୍ତି । ସେହିପରି ଦୁଇଟି କାଚ ଗୋଲକକୁ ରେଶମ ସୂତାଦ୍ୱାରା ଝୁଲାଇ ସେମାନଙ୍କୁ ରେଶମ କନାଦ୍ୱାରା ଘର୍ଷଣ କଲେ ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ବିକର୍ଷଣ କରନ୍ତି ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 5.1)



(ଚିତ୍ର ନଂ 5.2)

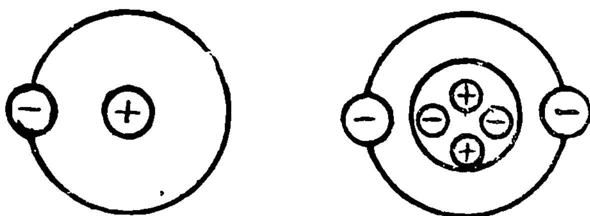
କିନ୍ତୁ ରେଶମ କନାଦ୍ୱାରା ଘର୍ଷଣ କରାଯାଇଥିବା କାଚ ଗୋଲକକୁ ପଶମ କନାଦ୍ୱାରା ଘର୍ଷଣ କରାଯାଇଥିବା ରବର ଗୋଲକ ନିକଟରେ ଝୁଲାଇଲେ ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ଆକର୍ଷଣ (ଚିତ୍ର ନଂ 5.2) କରିବାର ଲକ୍ଷ କରାଯାଏ ।

ଏହାଦ୍ୱାରା ଜଣାଯାଏ ଯେ କାଚ ଉପରେ ଯେଉଁପ୍ରକାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ଉପଜାତ ହୁଏ ତାହା ରବର ଗୋଲକ ଉପରେ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜର ଠିକ୍ ବିପରୀତ । ଆହୁରି ମଧ୍ୟ ଏହାଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ **ସମଜାତୀୟ ବିଦ୍ୟୁତ ଚାର୍ଜ ପରସ୍ପରକୁ ବିକର୍ଷଣ କରନ୍ତି ଓ ବିପରୀତ ବିଦ୍ୟୁତଚାର୍ଜ ପରସ୍ପରକୁ ଆକର୍ଷଣ କରନ୍ତି ।**

କାଚ ଦଣ୍ଡକୁ ରେଶମ କନାଦ୍ୱାରା ଘର୍ଷଣ କଲେ ତାହା (କାଚ) ଉପରେ ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ଉପଜାତ ହୁଏ ତାହାକୁ **ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ** ଏବଂ ରବର ବା ଇବୋନାଇଟ୍ ଦଣ୍ଡକୁ ପଶମ କନାଦ୍ୱାରା ଘର୍ଷଣ କଲେ ତାହା ଉପରେ (ରବର ବା ଇବୋନାଇଟ୍) ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ଉପଜାତ ହୁଏ ତାହାକୁ **ବିଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ** ଆଖ୍ୟା ଦିଆଯାଇଛି ।

5 3 ପଦାର୍ଥ ଗଠନର ଇଲେକଟ୍ରନ ତତ୍ତ୍ୱ ଓ ଘର୍ଷଣବିଦ୍ୟୁତ ଉତ୍ପତ୍ତିର ବ୍ୟାଖ୍ୟା :

ବୈଜ୍ଞାନିକ ରଦରଫୋର୍ଡ଼ ଓ ନିଲ୍ ବୋର୍ (Niels Bohr) ପଦାର୍ଥର ଗଠନ ସମ୍ପର୍କରେ ଯେଉଁ ତତ୍ତ୍ୱ ପରିବେଷଣ କରିଛନ୍ତି ତଦନୁଯାୟୀ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପଦାର୍ଥ ବହୁସଂଖ୍ୟକ ପରମାଣୁ (Atom) ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ବୋଲି ବିବେଚନା କରାଯାଏ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରମାଣୁ ତାହାର କେନ୍ଦ୍ର ଭାଗରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଓ ତାହା ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ବିଭିନ୍ନ କକ୍ଷରେ ଘୂରୁଥିବା (ଚିତ୍ର ନଂ 5·3) କେତେକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ନିଉକ୍ଲିୟସ (Nucleus) ପରମାଣୁର ଭାରି ଅଂଶ ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ପରମାଣୁର ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ବସ୍ତୁତ୍ୱ



(ଚିତ୍ର ନଂ 5·3)

ନିହିତ ଥାଏ । ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ଥାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟସ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ନିଉଟ୍ରନ ନାମକ ଦୁଇପ୍ରକାର କ୍ଷୁଦ୍ର କଣିକା ଥାଏ । ପ୍ରୋଟନ୍‌ରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଥାଏ ଓ ନିଉଟନରେ କୌଣସି ଚାର୍ଜ ନ ଥାଏ । ତେଣୁ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ

ସଂଖ୍ୟା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ଓ ଏହି ସଂଖ୍ୟାକୁ ପରମାଣୁର **ପାରମାଣବିକ ସଂଖ୍ୟା** (Atomic number) କୁହାଯାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂରୁଥିବା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍‌ର ସଂଖ୍ୟା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ୍‌ର ସଂଖ୍ୟା ସହିତ ସମାନ । ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ଏକ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜିତ କଣିକା । ପ୍ରତ୍ୟେକ ଇଲେକଟ୍ରନ୍‌ର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ । $1 \cdot 6 \times 10^{-19}$ କୁଲମ ଓ ତାହା ଏକ ପ୍ରୋଟନ୍‌ର ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ସହିତ ସମାନ । ଏହି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $1 \cdot 104 \times 10^{-31}$ କିଲୋଗ୍ରାମ । ପ୍ରୋଟନ ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଇଲେକଟ୍ରନ ବସ୍ତୁତ୍ୱର ପ୍ରାୟ 1836 ଗୁଣ ଅର୍ଥାତ୍ $1 \cdot 67 \times 10^{-27}$ କି : ଗ୍ରାମ୍ । ବିଭିନ୍ନ ମୌଳିକ ପଦାର୍ଥର ପରମାଣୁ ବିଭିନ୍ନ ସଂଖ୍ୟକ ପ୍ରୋଟନ୍, ନିଉଟ୍ରନ୍ ଓ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ହାଇଡ୍ରୋଜନ (Hydrogen) ମୌଳିକ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ସବୁଠାରୁ ହାଲୁକା ଓ ତାହାର ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରୋଟନ ଓ ଗୋଟିଏ ଇଲେକଟ୍ରନ (ଚିତ୍ର ନଂ 5.3) ଥାଏ । ହିଲିୟମ୍ (Helium) ପରମାଣୁର ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ପ୍ରୋଟନ୍, ଦୁଇଟି ନିଉଟ୍ରନ୍ ଓ ତାହାର କକ୍ଷରେ ଦୁଇଗୋଟି ଇଲେକଟ୍ରନ୍ ଥାଏ । ମୌଳିକ ପଦାର୍ଥର ଓଜନ ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ତାହାର ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପ୍ରୋଟନ, ନିଉଟ୍ରନ ଓ ଇଲେକଟ୍ରନର ସଂଖ୍ୟା ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ପରମାଣୁର ରାସାୟନିକ ଧର୍ମ ତାହାର ବାହ୍ୟ କକ୍ଷରେ ଥିବା ଇଲେକଟ୍ରନର ସଂଖ୍ୟା ଓ ବ୍ୟବସ୍ଥା (Arrangement) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ସ୍ୱାଭାବିକ ଅବସ୍ଥାରେ ସମସ୍ତ ପରମାଣୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଭାବରେ ନିରପେକ୍ଷ (Electrically neutral) । ପରମାଣୁର ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଥିବାରୁ ଓ ତାହାର କକ୍ଷରେ ଘୂରୁଥିବା ଇଲେକଟ୍ରନରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଥିବାରୁ ଏହି ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଓ ଇଲେକଟ୍ରନ୍ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆକର୍ଷଣ ବଳ କ୍ରିୟା କରେ । ଇଲେକଟ୍ରନ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂରିବା ପାଇଁ ଯେଉଁ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ (Centripetal) ବଳ ଆବଶ୍ୟକ କରେ ତାହା ଏହି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆକର୍ଷଣ ବଳ ଯୋଗାଇଦିଏ । ପୁନଶ୍ଚ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂରିବାବେଳେ ଏହି ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଫଳରେ ଯେଉଁ କେନ୍ଦ୍ର ଭିସାରୀ (Centrifugal) ବଳ ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ତାହାଦ୍ୱାରା ଉପରୋକ୍ତ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ବଳ ସନ୍ତୁଳିତ ହୁଏ ।

ପଦାର୍ଥର ଉପରୋକ୍ତ ପାରମାଣବିକ ଗଠନ ତ୍ରୁଟିପୂର୍ଣ୍ଣ କାରଣ ତାହା ପଦାର୍ଥ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ବହୁ ବିଷୟ ବୁଝାଇ ଦେଇପାରେ ନାହିଁ । ତେଣୁ ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ଏହି ପାରମାଣବିକ ଗଠନ ତତ୍ତ୍ୱର ବହୁ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇଛି । କିନ୍ତୁ ତାହା ମଧ୍ୟ ତ୍ରୁଟିପୂର୍ଣ୍ଣ ବୋଲି ବିବେଚିତ ହୋଇଛି । କ୍ୱାଣ୍ଟମ୍ ତତ୍ତ୍ୱର (Quantum mechanics) ଅଭିବୃଦ୍ଧି ପରେ ପରମାଣୁର ଗଠନ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ବହୁ ବିପ୍ଳବାତ୍ମକ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୋଇଛି ଓ ତାହା

ପରମାଣୁ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ପ୍ରାପ୍ତ ସମସ୍ତ ବିଷୟ ବୁଝାଇ ଦିଏ । କିନ୍ତୁ ଘର୍ଷଣଦ୍ୱାରା ଚାର୍ଜ କିପରି ଉତ୍ପତ୍ତି ହୁଏ ତାହା ବୁଝିବା ପାଇଁ ଉପରୋକ୍ତ ପାରମାଣବିକ ଗଠନ ତତ୍ତ୍ୱ ଯଥେଷ୍ଟ ହେବ ।

ପରମାଣୁର ସବୁଠାରୁ ବାହ୍ୟ କକ୍ଷରେ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଉପରେ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ବନ୍ଧନ (Binding) ଖୁବ୍ କମ୍ । ଘର୍ଷଣ, ତାପ, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ ଇତ୍ୟାଦି ଯେ କୌଣସି ଉତ୍ତେଜନ ବା ଆଲୋଡ଼ନଦ୍ୱାରା ତାହା ଖୁବ୍ ସହଜରେ ପରମାଣୁରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ହୋଇଯାଇପାରେ । ସେହି କାରଣରୁ ଦୁଇଟି ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣ ସମୟରେ ଗୋଟିଏ ପଦାର୍ଥର ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟ କକ୍ଷରୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ବିଚ୍ୟୁତ ହୋଇଗଲେ ପଦାର୍ଥର ମୋଟ ଚାର୍ଜ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହୋଇଯାଏ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ପଦାର୍ଥ ଯାହାକି ଏହି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ଗ୍ରହଣ କରେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ମୋଟ ଚାର୍ଜ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହୋଇଯାଏ । ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ର ଓଜନ ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ତାହାର ଚଳାଚଳ ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ; ତେଣୁ ନିଉକ୍ଲିୟସ୍‌ରେ ଥିବା ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ । ସୁତରାଂ କେବଳ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଫଳରେ ବିଦ୍ୟୁତୀକରଣ ସମ୍ଭବ । ଦୁଇଟି ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଘର୍ଷଣ ସମୟରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ଏହି ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ଯୋଗୁଁ ପଦାର୍ଥଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଏକକାଳୀନ ସମପରିମାଣ ଓ ବିପରୀତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ କିପରି ଉତ୍ପତ୍ତି ହୁଏ, ତାହା ମଧ୍ୟ ବୁଝାଇ ଦିଏ ।

5.4 ପରିବାହୀ, ଅପରିବାହୀ ଓ ରୋଧୀ (Conductors, Non-conductors and Insulators) :

ଯେଉଁସବୁ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟଦେଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ସହଜରେ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇପାରେ ସେସବୁ ପଦାର୍ଥକୁ **ପରିବାହୀ** କୁହାଯାଏ । ସାଧାରଣତଃ ସମସ୍ତ ଧାତବ ପଦାର୍ଥ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିବାହୀ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଅଙ୍ଗାର, ଗ୍ରାଫାଇଟ୍, ଅମ୍ଳ ଅମ୍ଳର ଦ୍ରବଣ ଇତ୍ୟାଦି ମଧ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିବାହୀର ଉଦାହରଣ । ପୁନଶ୍ଚ ଧାତବ ପଦାର୍ଥମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କେତେକ ଉତ୍ତମରୂପେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିବହନ କରିପାରନ୍ତି ଓ ସେଗୁଡ଼ିକୁ ସୁପରିବାହୀ କୁହାଯାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ କପର, ସିଲଭର, ଏଲୁମିନିୟମ୍ ଇତ୍ୟାଦି । ଯେଉଁସବୁ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟଦେଇ ସହଜରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ ସେ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକୁ **ଅପରିବାହୀ** କୁହାଯାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଜଳ, ସିକ୍ତ କାଠ, ଚମଡ଼ା ଇତ୍ୟାଦି । ଆଉ କେତେକ ପଦାର୍ଥ ଅଛି ଯାହା ମଧ୍ୟଦେଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଆଦୌ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ ଓ ସେସବୁ ପଦାର୍ଥକୁ **ରୋଧୀ** କୁହାଯାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ କାଚ, ରବର, ପାରାଫିନ୍, ଇବୋନାଇଟ୍, ରେଶମ ଇତ୍ୟାଦି । କିନ୍ତୁ ଏଠାରେ ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟ ଏହି ଯେ, ଯେ କୌଣସି ପଦାର୍ଥ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅପରିବାହୀ ନୁହେଁ । ଯେଉଁ ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକ ଅପରିବାହୀ ନାମରେ ଅଭିହିତ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟଦେଇ କିଛି ପରିମାଣ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇପାରେ ; ତେବେ ତାହା

ତୁଳନାତ୍ମକ ଭାବରେ ଖୁବ୍ କମ୍ । ସୁତରାଂ ସମସ୍ତ ପ୍ରକାର ପଦାର୍ଥ କେତେକାଂଶରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିବହନ କରିପାରନ୍ତି । ଆଉ କେତେକ ପ୍ରକାର ପଦାର୍ଥ ଅଛି ଯାହାକି ସ୍ୱାଭାବିକ ଅବସ୍ଥାରେ ରୋଧୀ କିନ୍ତୁ କେତେକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅବସ୍ଥାରେ ଅର୍ଥାତ୍ ଆଲୋକ ପ୍ରଭାବରେ ବା ସେମାନଙ୍କର ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ହେଲେ ସେମାନେ ପରିବାହୀରେ ପରିଣତ ହୁଅନ୍ତି । ଏହି ପ୍ରକାର ପଦାର୍ଥକୁ **ଅର୍ଦ୍ଧପରିବାହୀ** (Semi conductor) କୁହାଯାଏ ।

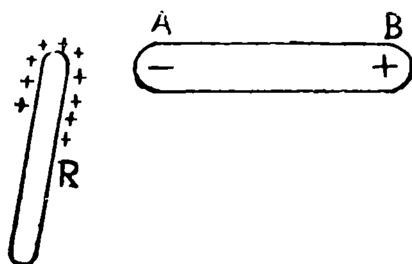
ପଦାର୍ଥର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନୀୟ ଗଠନ ତତ୍ତ୍ୱ ସାହାଯ୍ୟରେ ତାହାର ପରିବାହିତା ସହଜରେ ବୁଝାଇ ଦିଆଯାଇପାରେ । ପୂର୍ବରୁ କୁହାଯାଇଛି ଯେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପଦାର୍ଥ ଅନେକ-ଗୁଡ଼ିଏ ପରମାଣୁ ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ଓ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରମାଣୁରେ ସମାନ ସଂଖ୍ୟକ ପ୍ରୋଟନ୍ ଓ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଥାଏ । ଘନ ପଦାର୍ଥରେ ଏହି ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ସହିତ ଦୃଢ଼ଭାବେ ବାନ୍ଧିହୋଇ ରହିଥାନ୍ତି । ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟ କକ୍ଷରେ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଉପରେ ନିଉ-କ୍ଲିୟସ୍‌ର ବନ୍ଧନ ଖୁବ କମ । ପାର୍ଶ୍ୱସ୍ଥ ପରମାଣୁର ପ୍ରଭାବ ଫଳରେ ଏହି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ-ମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଅନେକ ବନ୍ଧନମୁକ୍ତ ହୋଇଯାନ୍ତି ଓ ସେମାନଙ୍କର ଚଳାଚଳ କରିବାର ସ୍ୱାତନ୍ତ୍ର୍ୟ ଥାଏ । ଏହି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକୁ **ମୁକ୍ତ ଇଲେକଟ୍ରନ** (Free electron) କୁହାଯାଏ । ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଏହି ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ସଂଖ୍ୟା ଓ ସେମାନଙ୍କର ଚଳାଚଳ କରିବାର ସ୍ୱାଧୀନତା ଉପରେ ଉକ୍ତ ପଦାର୍ଥର ପରିବାହିତା ନିର୍ଭର କରେ । ଗୋଟିଏ ଅପରିବାହୀ ବା ରୋଧୀର ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା ଖୁବ୍ କମ । ପରମାଣୁର ନିଉକ୍ଲିୟସରେ ଥିବା ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ପ୍ରୋଟନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ଓ ସେମାନଙ୍କର ବନ୍ଧନ ଦୃଢ଼ ହୋଇଥିବାରୁ କଠିନ ପଦାର୍ଥ (solid) କ୍ଷେତ୍ରରେ ସେମାନେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିବହନରେ କୌଣସି ଅଂଶ ଗ୍ରହଣ କରନ୍ତି ନାହିଁ ।

ଘର୍ଷଣ ବା ଅନ୍ୟ କୌଣସି ଉପାୟଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ରୋଧୀ ତାହାର କୌଣସି ଅଂଶରେ ଚାର୍ଜିତ ହେଲେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଥିବା ଚାର୍ଜ ସେହି ଅଂଶରେ ଆବଦ୍ଧ ହୋଇ ରହେ ଏବଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପରିବହନଦ୍ୱାରା ଚାର୍ଜର ସଂଚରଣ ହୁଏନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀକୁ ଚାର୍ଜ କରିବାକୁ ହେଲେ ତାହାକୁ ଗୋଟିଏ ରୋଧୀପଦାର୍ଥ ଉପରେ ସ୍ଥାପନ କରିବା ବାଞ୍ଛନୀୟ ।

5.5 ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ (Electrostatic Induction) :

ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁକୁ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିହୀନ ଓ ରୋଧିତ ପରିବାହୀ ନିକଟକୁ ଆଣିଲେ ପରିବାହୀର ନିକଟତମ ପ୍ରାନ୍ତରେ ବିପରୀତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଓ ଦୂରପ୍ରାନ୍ତରେ ସମବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁକୁ ଅପସାରିତ କରିନେଲେ ପରିବାହୀରେ ଚାର୍ଜ ଲୋପପାଏ । **ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁର ସାନ୍ନିଧ୍ୟଦ୍ୱାରା ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜର ଉତ୍ପନ୍ନକୁ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ କୁହାଯାଏ ।**

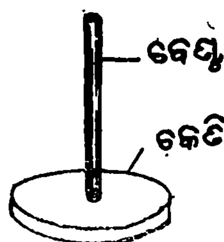
AB ଏକ ରୋଧିତ (ଚିତ୍ର ନଂ 5.6) ପରିବାହୀ ଓ ତାହାର *A* ପ୍ରାନ୍ତ ନିକଟରେ ଯୁକ୍ତଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ଦଣ୍ଡ *R* ଅବସ୍ଥିତ । ଏଠାରେ ନିକଟତମ ପ୍ରାନ୍ତ A ଠାରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଓ ଦୂର ପ୍ରାନ୍ତ B ଠାରେ ଚାର୍ଜ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେବ । ଗୋଟିଏ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହାର ସତ୍ୟତା ପରୀକ୍ଷା କରାଯାଇପାରେ । ଏହି କାର୍ଯ୍ୟପାଇଁ ଗୋଟିଏ ପରୀକ୍ଷା ପୃଷ୍ଠର (Proof plane) ସାହାଯ୍ୟ ନିଆଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 5.4)

ପରୀକ୍ଷାପୃଷ୍ଠ ଏକ ଅତ୍ୟନ୍ତ ସରଳ (ଚିତ୍ର ନଂ 5.5) ଯନ୍ତ୍ର ବା ଉପକରଣ । ଏହା ରୋଧୀ ପଦାର୍ଥର ବେଣ୍ଟ ଲଗାଯାଇଥିବା ଏକ ପରିବାହୀ ପଦାର୍ଥର ଚକତି ମାତ୍ର । ବେଣ୍ଟ ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହାକୁ ଧରି ଚକତିଟିକୁ ଚାର୍ଜିତ ପଦାର୍ଥ ସହିତ ସ୍ପର୍ଶ କରାଇଲେ ଚାର୍ଜିତ ପଦାର୍ଥରୁ କିଛି ଚାର୍ଜ ଚକତି ମଧ୍ୟକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ । ଏହି ଚାର୍ଜିତ ଚକତିକୁ ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋସ୍କୋପର ଥାଳିଆ ସହିତ ସ୍ପର୍ଶ କଲେ ଚକତିରେ ଥିବା ଅର୍ଥାତ୍ ପରୀକ୍ଷାଧୀନ ପଦାର୍ଥରେ ଥିବା ଚାର୍ଜର ପ୍ରକୃତି ଜଣାଯାଏ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଏହି ପରୀକ୍ଷା ପୃଷ୍ଠର ଚକତିକୁ ପରିବାହୀ *AB* ର *A* ପ୍ରାନ୍ତରେ ସ୍ପର୍ଶ କରାଇ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋସ୍କୋପର ଥାଳିଆ ସହିତ ତାହାକୁ ସ୍ପର୍ଶ କଲେ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରର ବିକ୍ଷେପ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ପରିବାହୀର *A* ପ୍ରାନ୍ତରେ ବିଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଥିବାର ଜଣାଯାଏ । ପରୀକ୍ଷା ପୃଷ୍ଠର ଚକତିକୁ ହାତରେ ସ୍ପର୍ଶ କଲେ ତାହାର ଚାର୍ଜ ଲୋପ ପାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଚାର୍ଜ ବିହୀନ ଏହି ପରୀକ୍ଷା ପୃଷ୍ଠର ଚକତିକୁ ପୂର୍ବପରି ପରିବାହୀ *AB* ର B ପ୍ରାନ୍ତରେ ସ୍ପର୍ଶ କରାଇ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋସ୍କୋପର ଥାଳିଆ ସହିତ ସ୍ପର୍ଶକଲେ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରର ବିକ୍ଷେପ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ଓ ପରିବାହୀର B ପ୍ରାନ୍ତରେ ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୋଇଥିବାର ଦର୍ଶାଇଦିଏ । ସେହିପରି *AB*ର ମଧ୍ୟଭାଗରେ କୌଣସି ଚାର୍ଜ ନ ଥିବାର ମଧ୍ୟ ପ୍ରମାଣ କରାଯାଇ ପାରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 5 5)

ଏଠାରେ ଦଣ୍ଡ *R* ର ଚାର୍ଜକୁ **ପ୍ରେରକ ଚାର୍ଜ** (Inducing charge) ଓ ପ୍ରେରଣ ଫଳରେ *AB* ର *A* ଓ B ପ୍ରାନ୍ତରେ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ଚାର୍ଜକୁ **ପ୍ରେରିତ ଚାର୍ଜ** (Induced charge) କୁହାଯାଏ ।

ପ୍ରେରଣଦ୍ୱାରା ପରିବାହୀରେ ଏକକାଳୀନ ଉଭୟ ପ୍ରକାରର ଚାର୍ଜ ସମପରିମାଣରେ ଉପଜାତ ହୁଏ । ଏହା ମଧ୍ୟ ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ସତ୍ୟାପନ କରାଯାଇ ପାରେ ।

5·6 ଇଲେକଟ୍ରନ ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ ପ୍ରେରଣର ବ୍ୟାଖ୍ୟା :

ପୂର୍ବରୁ କୁହାଯାଇଛି ଯେ, କୌଣସି ପରିବାହୀରେ ମୁକ୍ତ ଇଲେକଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ଅଧିକ । ଯେତେବେଳେ ଗୋଟିଏ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁ କୌଣସି ରୋଧିତ ପରିବାହୀ ନିକଟକୁ ନିଆଯାଏ ସେତେବେଳେ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ ମୁକ୍ତ ଇଲେକଟ୍ରନ୍ ଆକର୍ଷିତ ହୋଇ ପରିବାହୀର ଯେଉଁ ପ୍ରାନ୍ତ ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁର ନିକଟତମ ସେହି ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଚାଲିଯାଏ । ଏହି କାରଣରୁ ପରିବାହୀର ନିକଟତମ ପ୍ରାନ୍ତରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର ଆଧିକ୍ୟ ହୁଏ ଓ ଫଳରେ ନିକଟତମ ପ୍ରାନ୍ତ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ । ପରିବାହୀର ଦୂରପ୍ରାନ୍ତରୁ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୋଇଯିବାରୁ ସେହି ପ୍ରାନ୍ତରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର ଆଧିକ୍ୟ ହୁଏ ଓ ଫଳତଃ ଦୂରପ୍ରାନ୍ତ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ । ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁର ଉପସ୍ଥିତିରେ ଯଦି ପରିବାହୀକୁ ଭୂପୃଷ୍ଠ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ପରିବାହୀର ଦୂରପ୍ରାନ୍ତରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ଅଭାବ ପୂରଣ କରିବା ପାଇଁ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଚାଲିଆସେ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଭୂପୃଷ୍ଠ ସହିତ ସଂଯୋଗ ଛିନ୍ନ କରି ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁକୁ ଦୂରକୁ ନେଇଗଲେ ନିକଟତମ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ବନ୍ଧନ ମୁକ୍ତ ହୋଇଯାଏ ଓ ସମଗ୍ର ପରିବାହୀଟି ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୋଇଯାଏ ।

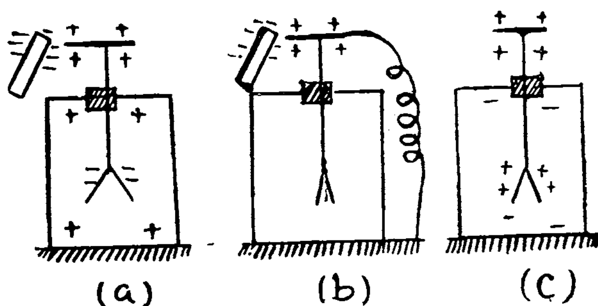
5·7 ଆକର୍ଷଣ ପୂର୍ବରୁ ପ୍ରେରଣ ହୁଏ (Induction precedes attraction) :

କୌଣସି ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁ ଚାର୍ଜବିହୀନ ଛୋଟ ଛୋଟ କାଗଜଖଣ୍ଡ ବା ପିଥ୍‌ଖଣ୍ଡକୁ ଆକର୍ଷଣ କରୁଥିବା ବିଷୟ ପୂର୍ବରୁ କୁହାଯାଇଛି । ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ ଫଳରେ ଏହି ଆକର୍ଷଣ ଘଟେ । ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁର ସାନ୍ନିଧ୍ୟ ଦ୍ୱାରା ପିଥ୍‌ର ନିକଟତମ ପ୍ରାନ୍ତରେ ବିପରୀତ ଚାର୍ଜ ଓ ଦୂରପ୍ରାନ୍ତରେ ସମଜାତୀୟ ଚାର୍ଜ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ପ୍ରେରକ ଚାର୍ଜ ପ୍ରେରିତ ବିପରୀତ ଚାର୍ଜକୁ ଆକର୍ଷଣ କରେ ଓ ପ୍ରେରିତ ସମଜାତୀୟ ଚାର୍ଜକୁ ବିକର୍ଷଣ କରେ । କିନ୍ତୁ ବିପରୀତ ଚାର୍ଜ ନିକଟତମ ହୋଇଥିବାରୁ ଆକର୍ଷଣ ପ୍ରଭାବ ବେଶୀ ହୁଏ । ତେଣୁ ପ୍ରେରକ ଓ ପ୍ରେରିତ ଚାର୍ଜ

ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ଘଟେ । ଉପରୋକ୍ତ ବିବୃତିରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଆକର୍ଷଣର କାରଣ ହେଉଛି ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ ଓ ଆକର୍ଷଣ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ପ୍ରେରଣ ନିଶ୍ଚିତ ଭାବରେ ଘଟିଥାଏ ।

5 8 ପ୍ରେରଣ ଦ୍ୱାରା ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍‌ର ବିଦ୍ୟୁତୀକରଣ :

ପ୍ରେରଣ ଦ୍ୱାରା ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍‌କୁ ଚାର୍ଜ କରାଯାଇପାରେ । ଯଦି ଏହାର ଧାତବ ଥାଳିଆ ନିକଟକୁ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡ ନିଆଯାଏ ତାହାହେଲେ ପ୍ରେରଣ ଫଳରେ ଧାତବ ଥାଳିଆରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ (ଚିତ୍ର ନଂ 5·6 a) ଉତ୍ପନ୍ନ ହେବ । ଦୁଇ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରରେ ସମଜାତୀୟ (−) ଚାର୍ଜ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେବା ଫଳରେ ସେମାନଙ୍କର ଅପସାରଣ (Divergence) ହୁଏ । ଚାର୍ଜିତ ଦଣ୍ଡକୁ ଯଥାସ୍ଥାନରେ ରଖି ଧାତବ ଥାଳିଆକୁ ଆଙ୍ଗୁଳି ଦ୍ୱାରା କ୍ଷଣେକ ପାଇଁ ସ୍ପର୍ଶ କଲେ ଯନ୍ତ୍ରଟି ଭୂପୃଷ୍ଠ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଯାଏ ଓ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରର ମୁକ୍ତ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଭୂପୃଷ୍ଠକୁ ଚାଲିଯାଏ । ଏହା ଫଳରେ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରର ଅପସାରଣ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ (ଚିତ୍ର ନଂ 5·6) ନିମୀଳିତ ହୋଇଯାଏ । ଧାତବ ଥାଳିଆର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବନ୍ଧନଯୁକ୍ତ (Bound) ହୋଇଥିବାରୁ ଭୂପୃଷ୍ଠକୁ ଯାଇପାରେ ନାହିଁ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଚାର୍ଜିତ ଦଣ୍ଡକୁ ଦୂରକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କଲେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 5 6)

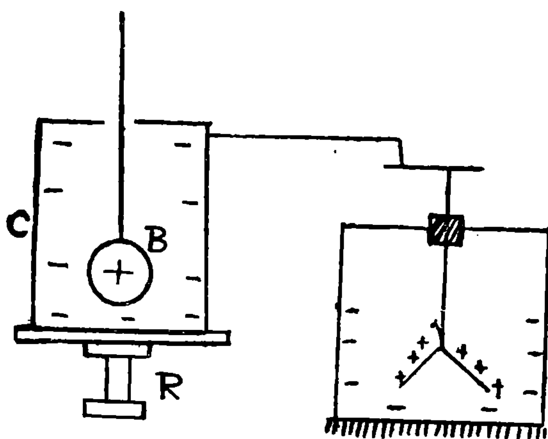
ଧାତବ ଥାଳିଆର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବନ୍ଧନମୁକ୍ତ ହୋଇ ସର୍ବତ୍ର ବିସ୍ତୃତ ହୋଇଯାଏ ଏବଂ ଏହି ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱାରା (ଚିତ୍ର ନଂ 5 6c) ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଦ୍ୱୟର ପୁନର୍ବାର ଅପସାରଣ ଘଟେ । ଏହିରୂପେ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପଟି ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ ।

ଅନୁରୂପ ରୀତିରେ (+) ଚାର୍ଜିତ ଏକ ଦଣ୍ଡର ସାନ୍ନିଧ୍ୟ ଦ୍ୱାରା ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପକୁ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବରେ ଚାର୍ଜ କରାଯାଇପାରେ ।

5·9 ଫାରଡେଙ୍କ ବରଫପାତ୍ର ପରୀକ୍ଷା (Faraday's Ice-pail experiment) :

ବୈଜ୍ଞାନିକ ଫାରାଡ଼େ ସ୍ଥିରବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ ସମ୍ପର୍କୀୟ ବିଭିନ୍ନ ଧର୍ମର ସତ୍ୟାପନ ପାଇଁ ଏହି ପରୀକ୍ଷା ଗୋଟିଏ ବରଫପାତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଚଲାଇଥିଲେ ଓ ସେଥିପାଇଁ ଏହାର ନାମକରଣ ଏପରି ହୋଇଛି । କିନ୍ତୁ ଏହି ପରୀକ୍ଷା ଗୋଟିଏ ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଧାତବପାତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ କରାଯାଇପାରେ । ଚିତ୍ର ନଂ 5.7 ରେ C ଏକ ଧାତବପାତ୍ର ଓ ତାହା ଏକ ରୋଧୀ ସ୍ତମ୍ଭ R ଉପରେ ସ୍ଥାପିତ । ଧାତବ ପାତ୍ରର ବାହାର ପାର୍ଶ୍ୱ ଏକ ପରିବାହୀ ତାର ଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ଏହି ପରୀକ୍ଷାର ତିନିଗୋଟି ପର୍ଯ୍ୟାୟ ଅଛି ।

(1) ପ୍ରଥମ ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ଗୋଟିଏ ରେଶମ ସୂତା ସାହାଯ୍ୟରେ ଝୁଲୁଥିବା ଏକ (+) ଚାର୍ଜିତ ଧାତବ ଗୋଲକ Bକୁ ପାତ୍ର ଭିତରକୁ ନିଆଯାଏ । ଏହା ଏପରି ସତର୍କତାର ସହିତ କରାଯାଏ ଯେପରି ଗୋଲକଟି ପାତ୍ରର କୌଣସି ଅଂଶକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରିବ ନାହିଁ । ଚାର୍ଜିତ ଗୋଲକଟିକୁ ପାତ୍ର ଭିତରକୁ ପ୍ରବେଶ କରାଇବା ସମୟରେ ପ୍ରେରଣଦ୍ୱାରା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋସ୍କୋପର ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ ଓ ଫଳରେ ତାହାର ଅପସାରଣ ହୁଏ । ଚାର୍ଜିତ ଗୋଲକର କ୍ରମ ପ୍ରବେଶ



(ଚିତ୍ର ନଂ 5.7)

ସମୟରେ ଅପସାରଣର କ୍ରମ ବୃଦ୍ଧି ହୁଏ ଓ ଯେତେବେଳେ ତାହା ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରବେଶ କରେ ସେତେବେଳେ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରର ଅପସାରଣ ସର୍ବାଧିକ ହୁଏ । ପାତ୍ରମଧ୍ୟରେ ଗୋଲକଟିର ଅବସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ କଲେ ଏହି ଅପସାରଣର କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ । ଏହି ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ **କୌଣସି ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀ ପଦାର୍ଥ ଦ୍ୱାରା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆବୃତ ହେଲେ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ ଦ୍ୱାରା ପରିବାହୀରେ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ଚାର୍ଜର**

ପରିମାଣ ସର୍ବାଧିକ ହୁଏ ଏବଂ ପ୍ରେରକ ଚାର୍ଜର ଅବସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରେରିତ ଚାର୍ଜ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ରହେ ।

ଚାର୍ଜିତ ଗୋଲକଟିକୁ ପାତ୍ର ଭିତରୁ ବାହାର କରିନେଲେ ପ୍ରେରଣ ଲୋପ ପାଏ ଓ ଫଳରେ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରଦ୍ୱୟ ନିମୀଳିତ ହୁଏ ।

(ii) ପରୀକ୍ଷାର ଦ୍ୱିତୀୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ଚାର୍ଜିତ ଗୋଲକଟିକୁ ପୁନର୍ବାର ପାତ୍ର ମଧ୍ୟକୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଏ ଓ ଏହା ଫଳରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣପତ୍ରର ସର୍ବାଧିକ ଅପସାରଣ ହୁଏ । ଚାର୍ଜିତ ପଦାର୍ଥଟିକୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ଧାତବ ପାତ୍ରର ଭିତର ପାର୍ଶ୍ୱ ସହିତ ସ୍ପର୍ଶ କରାଇଲେ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରଦ୍ୱୟର ଅପସାରଣ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ରହେ । ଏହାପରେ ଗୋଲକଟିକୁ ପାତ୍ର ଭିତରୁ ବାହାର କରି ନିଆଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଏହାଦ୍ୱାରା ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରର ଅପସାରଣ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏନାହିଁ । ବାହାର କରି ନିଆଯାଇଥିବା ଗୋଲକଟିକୁ ବର୍ତ୍ତମାନ ପରୀକ୍ଷା କଲେ ସେଥିରେ କୌଣସି ଚାର୍ଜ ନ ଥିବାର ଜଣାଯାଏ । ସୁତରାଂ ଏହି ପରୀକ୍ଷାରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ **କୌଣସି ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀ ପଦାର୍ଥ ଦ୍ୱାରା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆବୃତ ହେଲେ ପ୍ରେରକ ଚାର୍ଜ ଓ ପ୍ରେରିତ ବିପରୀତ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ସମାନ ହୁଏ ।**

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରେରଣ ଦ୍ୱାରା ଧାତବ ପାତ୍ରର ଭିତର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ବିପରୀତ ଚାର୍ଜ ଓ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରରେ ସମଜାତୀୟ ଚାର୍ଜ ଉପଜାତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହି ବିପରୀତ ଚାର୍ଜ ବନ୍ଧନଯୁକ୍ତ ଓ ସମଜାତୀୟ ଚାର୍ଜ ବନ୍ଧନମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ପାତ୍ର ସହିତ ଚାର୍ଜିତ ଗୋଲକର ସ୍ପର୍ଶ ଫଳରେ ପ୍ରେରକ ଚାର୍ଜ ଓ ପ୍ରେରିତ ବିପରୀତ ଚାର୍ଜ ପରସ୍ପରକୁ ବିଲୋପ କରନ୍ତି । (iii) ପରୀକ୍ଷାର ତୃତୀୟ ପର୍ଯ୍ୟାୟରେ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପାତ୍ର ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍‌କୁ ଚାର୍ଜ ଶୂନ୍ୟ କରି ଦିଆଯାଏ ଓ ଗୋଲକଟିକୁ ପୁନର୍ବାର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜ-କରି ପାତ୍ର ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରାଯାଏ । ଏହା ଫଳରେ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରର ଅପସାରଣ ହୁଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ପାତ୍ରର ବାହାର ପାର୍ଶ୍ୱକୁ କ୍ଷଣକ ପାଇଁ ସ୍ପର୍ଶ କଲେ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ପ୍ରବାହ ହୁଏ ଓ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ନିମୀଳିତ ହୁଏ । ଏହାପରେ ଚାର୍ଜିତ ଗୋଲକକୁ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରୁ ବାହାର କରି ନିଆଯାଏ ଓ ଫଳରେ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ପୁନର୍ବାର ଅପସାରିତ ହୁଏ । ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରର ଏହି ଅପସାରଣ ତାହାର ପୂର୍ବ ଅପସାରଣ ସହିତ ସମାନ ହୋଇଥାଏ । କିନ୍ତୁ ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରର ଚାର୍ଜ ବର୍ତ୍ତମାନ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହୋଇଥିବାର ଜଣାଯାଏ । ଏହି ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ **ପ୍ରେରିତ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ପରସ୍ପର ସହିତ ସମାନ ।**

5.10 ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀର ଉପର ପୃଷ୍ଠରେ ଚାର୍ଜ ଅବସ୍ଥାନ କରେ :

କୌଣସି ଅପରିବାହୀକୁ ଚାର୍ଜ କଲେ ତାହାର ଯେଉଁ ଅଂଶରେ ଚାର୍ଜ ଉପଜାତ ହୋଇଥାଏ ସେହି ଅଂଶରେ ଚାର୍ଜ ଆବଦ୍ଧ ହୋଇ ରହେ । କିନ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀକୁ ତାହାର ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଚାର୍ଜ କଲେ ଚାର୍ଜ ପରିବାହୀର ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଅଂଶକୁ ବିସ୍ତୃତ ହୋଇଯାଏ ଏବଂ ପରିବାହୀର କେବଳ ଉପର ପୃଷ୍ଠରେ ଚାର୍ଜ ଅବସ୍ଥାନ କରୁଥିବାର ଦେଖାଯାଏ । ଫମ୍ପା ବା ପୋଲ ପରିବାହୀର ଭିତର ପୃଷ୍ଠରେ ଚାର୍ଜ ଅବସ୍ଥାନ କରେ ନାହିଁ । ପୁନଶ୍ଚ ପରିବାହୀ-ପୃଷ୍ଠର ଆକୃତି ଅନୁଯାୟୀ ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ବିଭିନ୍ନ ପରିମାଣ ଚାର୍ଜ ଅବସ୍ଥାନ କରେ । ପୃଷ୍ଠଭାଗର ଯେଉଁ ଅଂଶର ବକ୍ରତା ଅଧିକ ବା ଯେଉଁ ଅଂଶ ଅଧିକ ତୀକ୍ଷ୍ଣ ସେହି ଅଂଶରେ ଅବସ୍ଥାନ କରୁଥିବା ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ଅଧିକ ।

5.11 ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠ ସାନ୍ଦ୍ରତା (Surface density of charge) :

ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀର ପୃଷ୍ଠଭାଗରେ **ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁର ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥାନ କରୁଥିବା ଚାର୍ଜର ପରିମାଣକୁ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା** କୁହାଯାଏ । ସୁତରାଂ ପରିବାହୀର ଯେଉଁ ଅଂଶରେ ବକ୍ରତା ଅଧିକ ସେହି ଅଂଶରେ ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା ଅଧିକ । ଗୋଟିଏ ଗୋଲକର ବକ୍ରତା ସବୁ ସ୍ଥାନରେ ସମାନ । ଯଦି ଗୋଲକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ହୁଏ ଓ ଗୋଲକର ପୃଷ୍ଠଭାଗରେ ଅବସ୍ଥାନ କରୁଥିବା ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ Q ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତାହାର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା

$$\sigma = \frac{Q}{4\pi r^2}$$

5.12 ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ ଓ କୁଲମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ :

ଦୁଇଟି ସମଜାତୀୟ ଚାର୍ଜ ପରସ୍ପରକୁ ବିକର୍ଷଣ ଓ ବିପରୀତ ଚାର୍ଜ ପରସ୍ପରକୁ ଆକର୍ଷଣ କରନ୍ତି । ଏହି ଆକର୍ଷଣ ବା ବିକର୍ଷଣ ବଳ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ କୁଲମ୍ବ ବହୁ ଅନୁସନ୍ଧାନ କରିଥିଲେ ଓ ପରୀକ୍ଷା ମଧ୍ୟ ଚଳାଇଥିଲେ । ଶେଷରେ 1784 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ସେ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ **ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ** (Point charge) **ମଧ୍ୟରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ଆକର୍ଷଣ ବା ବିକର୍ଷଣ ବଳର ପରିମାଣ ସେହି ଚାର୍ଜଦ୍ୱୟର ପରିମାଣର ଗୁଣଫଳ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତ୍ୱର ବର୍ଗ ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ।** ଏହି ନିୟମକୁ **"କୁଲମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ"** କୁହାଯାଏ । ଏହି ନିୟମର ଦ୍ୱିତୀୟାର୍ଦ୍ଧକୁ ଅର୍ଥାତ୍ ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ

କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୂରତ୍ୱର ବର୍ଗ ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ । ଏହାକୁ **"ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମ"** (Inverse square law) କୁହାଯାଏ ।

ମନେକର, q_1 = ଗୋଟିଏ ଶୃଙ୍ଖଳର ପରିମାଣ

q_2 = ଅନ୍ୟ ଶୃଙ୍ଖଳର ପରିମାଣ

r = ଶୃଙ୍ଖଳ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ

F = କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳର ପରିମାଣ

ସୁତରାଂ କୁଲମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

ବା $$F = k\frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad (5.1)$$

ଏଠାରେ k ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଓ ତାହାର ମାନ, ଶୃଙ୍ଖଳ ଯେଉଁ ମାଧ୍ୟମରେ ଥାଏ ତାହାର ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ସମୀକରଣ 5·1 ରେ k ଓ q ଦୁଇଟି ନୂତନ ବୋଧ (Concept) ଓ ସେମାନଙ୍କର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରିବାକୁ ହେଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଯେ କୌଣସିଟିକୁ ମୌଳିକ ଧରିବାକୁ ହେବ ଏବଂ କୁଲମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ ସାହାଯ୍ୟରେ ଅପରଟିର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରିବାକୁ ହେବ । ସେ. ଗ୍ରା. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ k କୁ ମୌଳିକ ବିଚାର କରି ସ୍ୱେଚ୍ଛାଭାବରେ (arbitrarily) ତାହାର ମାନ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କରାଯାଇଛି । ଏହି ପଦ୍ଧତିରେ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ପାଇଁ,

$$k = \frac{\text{ଏକ ଡାଇନ} - (\text{ସେ. ମି.})^2}{(\text{ଏକକ ଶୃଙ୍ଖଳ})^2}$$

ଧରାଯାଇଛି ଓ ସେହି ଅନୁସାରେ ଶୃଙ୍ଖଳର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରାଯାଇଛି ।

ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶୃଙ୍ଖଳର ଏକକ :—ଶୂନ୍ୟ ସ୍ଥାନରେ କୌଣସି 'ବିନ୍ଦୁ ଶୃଙ୍ଖଳ' ଯଦି ତାହାଠାରୁ ଏକ ସେ: ମି: ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ ଗୋଟିଏ ସମପରିମାଣ ଓ ସମଜାତୀୟ ଶୃଙ୍ଖଳକୁ ଏକ ଡାଇନ୍ ବଳଦ୍ୱାରା ବିକର୍ଷଣ କରେ ତାହାହେଲେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଶୃଙ୍ଖଳର ପରିମାଣ ଏକ ସେ: ଗ୍ରା: ସେ: ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ ହେବ । ସେ ଗ୍ରା ସେ ପଦ୍ଧତିରେ ଏକକ ଶୃଙ୍ଖଳକୁ **ଷ୍ଟାଟ୍‌କୁଲମ୍** କୁହାଯାଏ ।

ଯଦି ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମର **ପରମ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା (Absolute permittivity)** ϵ_0 ହୁଏ ତାହାହେଲେ $k = \frac{1}{\epsilon_0}$ ହେବ ଓ ତେଣୁ ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମରେ ଅବସ୍ଥିତ ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ

$$F = \frac{q_1 q_2}{\epsilon_0 r^2} \text{ ଡାଇନ୍} \quad \cdots \quad \cdots \quad (5.2)$$

ଚାର୍ଜଦ୍ୱୟ ଯଦି ଅନ୍ୟ ଏକ ମାଧ୍ୟମରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥାଏ ଓ ସେହି ମାଧ୍ୟମର ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା (Relative permittivity) ଯଦି K ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$F = \frac{q_1 q_2}{K r^2} \text{ ଡାଇନ୍} \quad \cdots \quad \cdots \quad (5.3)$$

ଏଠାରେ Kକୁ ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ (Diclectric constant) ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ , ମାଧ୍ୟମର ପରମ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଯଦି E ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$K = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} = \frac{\text{ମାଧ୍ୟମର ପରମ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା}}{\text{ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମର ପରମ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା}}$$

ସେ. ଗ୍ରା. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ $E_0 = 1$ ଓ ତେଣୁ $K = E$ । ଚାର୍ଜଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମାଧ୍ୟମଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ । ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ପ୍ରାୟ E_0 ସହିତ ସମାନ । କିନ୍ତୁ ରବର, ଅଭ୍ର, କାଚ ଇତ୍ୟାଦି ଅପରିବାହୀ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା E_0ର ପ୍ରାୟ 2 ଗୁଣରୁ 10 ଗୁଣ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ତେଣୁ ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମରେ ଯେଉଁ ବଳ କ୍ରିୟା କରେ ତାହା କେବଳ ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଯେ କୌଣସି ଅପରିବାହୀ ମାଧ୍ୟମରେ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା Kର ମାନ ଅନୁପାତରେ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ କେରୋସିନ୍ ($K = 2$) ମାଧ୍ୟମରେ ଅର୍ଦ୍ଧେକ ହୋଇଯାଏ ।

ମିଃ କିଃ ସେଃ ପଦ୍ଧତିରେ ଚାର୍ଜର ଏକକ :—ମି. କି. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ ଏକକ ଚାର୍ଜକୁ **ଏକ କୁଲମ୍** କୁହାଯାଏ । ଏହା **ଏକ ଏମ୍ପିୟର୍ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ କୌଣସି ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ** ଅଟେ । ଏକ କୁଲମ୍ $= 3 \times 10^9$

ଷ୍ଟାଟ୍ କୁଲମ୍ । ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଜ୍ଞାନରେ ଏହି ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ଅତ୍ୟଧିକ ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହାର କେତେକ ଉପଗୁଣିତକ ଏକକ, ଯଥା :—ମାଇକ୍ରୋକୁଲମ୍, ପିକୋ କୁଲମ୍ ଇତ୍ୟାଦି ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

ଏକ ମାଇକ୍ରୋକୁଲମ୍ (μ କୁଲମ୍) $= 10^{-6}$ କୁଲମ୍
ଏକ ପିକୋକୁଲମ୍ ($\mu\mu$ କୁଲମ୍) $= 10^{-12}$ କୁଲମ

ମି. କି. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ $k = \frac{1}{4\pi\in}$

ସୁତରାଂ $F = \frac{1}{4\pi\in} \times \frac{q_1 q_2}{r}$ ... ... (5 4)

ଏଠାରେ $\in$ = ମାଧ୍ୟମର ପରମ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା । ଯଦି ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମର ପରମ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା $\in_0$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$F = \frac{1}{4\pi\in_0} \times \frac{q_1 q_2}{r^2} \text{ ନିଉଟନ} \quad \cdots \quad \cdots \quad (5.5)$$

ହିସାବଦ୍ୱାରା ଜଣାଯାଏ ଯେ

$$\frac{1}{4\pi\in_0} = 9 \times 10^9 \frac{\text{ନିଉଟନ୍} - (\text{ମି})^2}{(\text{କୁଲମ୍})^2}$$

$$\therefore \; F = 9 \times 10^9 \times \frac{q_1 q_2}{r^2} \text{ ନିଉଟନ୍}$$

ମନେକର $q_1 = q_2$ = ଏକ କୁଲମ୍ ଓ $r = 1$ ମିଟର
ତାହାହେଲେ $F = 9 \times 10^9$ ନିଉଟନ୍

ସୁତରାଂ ମି. କି. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଏକକ ଚାର୍ଜ (କୁଲମ୍) ତାହାଠାରୁ ଏକ ମିଟର୍ ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ସମଜାତୀୟ ଓ ସମପରିମାଣ ଚାର୍ଜକୁ 9×10^9 ନିଉଟନ୍ ବଳଦ୍ୱାରା ବିକର୍ଷଣ କରେ ।

ଚାର୍ଜ ଯେଉଁ ମାଧ୍ୟମରେ ଅବସ୍ଥିତ ତାହାର ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଯଦି K ହୁଏ ତାହାହେଲେ $\in = K\in_0$
ସୁତରାଂ ଏଠାରେ

$$F = \frac{1}{4\pi K\in_0} \times \frac{q_1 q_2}{r^2} \text{ ନିଉଟନ୍} \quad \cdots \quad \cdots \quad (5.6)$$

ସାଧାରଣତଃ ବିକର୍ଷଣ ବଳକୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ଆକର୍ଷଣ ବଳକୁ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଧରାଯାଏ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ବା ପ୍ରୋଟନରେ ଥିବା ଗୃର୍ଜର ପରିମାଣ

$e = 4.806 \times 10^{-10}$ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ

$= 1.602 \times 10^{-19}$ କୁଲମ୍

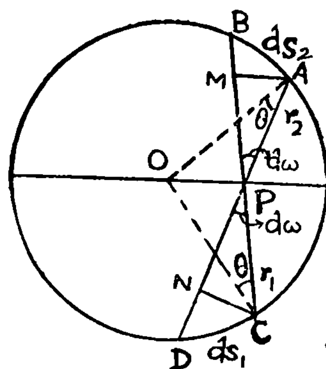
ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ବା ପ୍ରୋଟନର ଗୃର୍ଜକୁ ଗୃର୍ଜର ପ୍ରାକୃତିକ ଏକକ କୁହାଯାଏ ।

5.13 ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମର ସତ୍ୟାପନ ; କାଭେଣ୍ଡିସ୍‌ଙ୍କ ରୀତି :

ବୈଜ୍ଞାନିକ କୁଲମ୍ ପ୍ରଥମେ ଟରସନ୍ ତରାଜୁ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମର ସତ୍ୟାପନ କରିଥିଲେ । କିନ୍ତୁ ଏହି ପରୀକ୍ଷାର ଫଳାଫଳ ବିଶେଷ ସନ୍ତୋଷଜନକ ନୁହେଁ । ସେଥିପାଇଁ ଏହି ନିୟମର ସତ୍ୟାପନ କରିବା ପାଇଁ ବୈଜ୍ଞାନିକ କାଭେଣ୍ଡିସ୍ (Cavendish) ଏକ ଭିନ୍ନ ରୀତି ଅବଲମ୍ବନ କରିଥିଲେ । ଏହି ରୀତି ଏକ ପରୋକ୍ଷ ରୀତି ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଅଧିକ ନିର୍ଭରଯୋଗ୍ୟ । ଏହି ରୀତିର ତତ୍ତ୍ୱ ଓ ପରୀକ୍ଷା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା—

ଗୋଟିଏ ରୋଧିତ ଫମ୍ପା ଗୋଲକାର ପରିବାହୀ (ଚିତ୍ର ନଂ 5·8) ବିଚାର କର । ମନେକର ଏହି ଗୋଲକଟି ସର୍ବତ୍ର ସମାନ ଭାବରେ ଗୃର୍ଜିତ ଓ ତାହାର ପୃଷ୍ଠତଳ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଅର୍ଥାତ୍ ତାହାର ପୃଷ୍ଠଭାଗର ଏକ ବର୍ଗ ସେ.ମି ପ୍ରତି ଗୃର୍ଜ ପରିମାଣ $= \sigma$; O ଏହି ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ରବିନ୍ଦୁ ହେଉ ।

ଏହି ଗୋଲକାର କବଚ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା P ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । ଏହି P ବିନ୍ଦୁରେ Pକୁ ଶୀର୍ଷବିନ୍ଦୁ ନେଇ ଓ $d\omega$ ଘନକୋଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଦ୍ୱିଶଙ୍କୁ (Double cone) ଅଙ୍କନ କର ଓ ଏହା ଗୋଲକ ପୃଷ୍ଠତଳର dS_1 ଓ dS_2 କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଛେଦ କରୁ । P ବିନ୍ଦୁରୁ dS_1 ଓ dS_2ର ଦୂରତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ r_1 ଓ r_2 ହେଉ । AM ଓ CN ଦ୍ୱିଶଙ୍କୁର ସମକୋଣୀୟ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 5·8)

ମନେକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ OC ଓ r_1ର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ $=\theta$
ଏବଂ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ OA ଓ r_2ର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ $=\theta$
ସୁତରାଂ ଅଙ୍କନ ଅନୁଯାୟୀ dS_1 ଓ CNର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ $=\theta$
ଏବଂ dS_2 ଓ AMର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ $=\theta$
$\therefore$ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $CN=dS_1\cos\theta$
ଓ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $AM=dS_2\cos\theta$

$$\text{ଏବଂ } d\omega=\frac{\text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ } CN}{r_1^2}=\frac{dS_1\cos\theta}{r_1^2}$$
$$=\frac{\text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ } AM}{r_2^2}=\frac{dS_2\cos\theta}{r_2^2}$$

ମନେକର ବଳ ଦୂରତ୍ୱର n ଶକ୍ତି ସହିତ ସମାନୁପାତୀ
ସୁତରାଂ dS_1 ର ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$=\frac{\sigma\, dS_1}{r_1^n}$$

ସେହିପରି dS_2 ର ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$=\frac{\sigma\, dS_2}{r_2^n}$$

ଏହି ତୀବ୍ରତାଦ୍ୱୟ ଦ୍ୱିଶଙ୍କୁର ସାଧାରଣ ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ କ୍ରିୟା କରେ ଓ ସେମାନେ ବିପରୀତମୁଖୀ । ସୁତରାଂ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ମୋଟ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା

$$=\sigma\left[\frac{dS_1}{r_1^n}-\frac{dS_2}{r_2^n}\right] \qquad \because\ dS_1=\frac{r_1^2\, d\omega}{\cos\theta}$$

$$=\sigma\,\frac{d\omega}{\cos\theta}\left[\frac{r_1^2}{r_1^n}-\frac{r_2^2}{r_2^n}\right] \qquad dS_2=\frac{r_2^2\, d\omega}{\cos\theta}$$

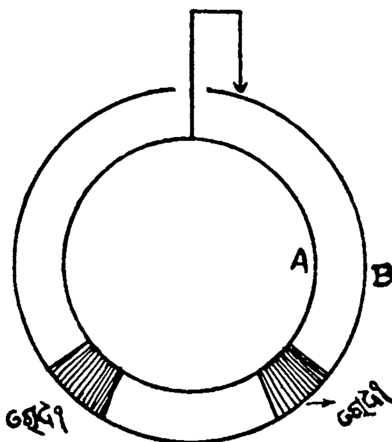
$$=\sigma\,\frac{d\omega}{\cos\theta}\left[\frac{1}{r_1^{n-2}}-\frac{1}{r_2^{n-2}}\right] \quad \cdots \quad \cdots \quad (5.7)$$

ଯେତେବେଳେ $n=2$ ସେତେବେଳେ $r_1^{n-2}=r_2^{n-2}$ ଏବଂ ସେତେବେଳେ P ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା ଶୂନ୍ୟ ହେବ । ଗୋଲକାର କବଚଟିକୁ ଏହିପରି ଭାବରେ ବହୁତଗୁଡ଼ିଏ ଦ୍ୱିଶଙ୍କୁରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇପାରେ ଓ ତେଣୁ କବଚର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚାର୍ଜଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଶୂନ୍ୟ ହେବ ।

ଯଦି $n \neq 2$, ତାହାହେଲେ ଗୃର୍ଜିତ dS_1 ଓ dS_2 ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ସମାନ ହେବନାହିଁ ଓ ଫଳତଃ P ବିନ୍ଦୁରେ ଗୋଟିଏ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା ରହିବ ।

ଯଦି $n > 2$ ଏବଂ $r_1 > r_2$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ dS_2 ଯୋଗୁଁ ତୀବ୍ରତା dS_1 ତୁଳନାରେ ଅଧିକ ହେବ ଏବଂ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହେବ । ଗୋଲକଟି ଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଗୃର୍ଜିତ ହୋଇଥିଲେ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତାର ଦିଗ ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ହେବ ଏବଂ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଗୃର୍ଜିତ ହୋଇଥିଲେ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତାର ଦିଗ କେନ୍ଦ୍ରରୁ ବାହାର ଦିଗରେ ହେବ । ସେହିପରି ଯଦି $n < 2$ ହୁଏ ଓ ଗୋଲକଟି ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଗୃର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତାର ଦିଗ ଯଥାକ୍ରମେ କେନ୍ଦ୍ରରୁ ବାହାର ଦିଗରେ ବା କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ହେବ । ସୁତରାଂ ଏକ ଗୃର୍ଜିତ ଗୋଲକାର କବଚଯୋଗୁଁ ତାହାର ଯେ କୌଣସି ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ବିନ୍ଦୁରେ ଯଦି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା ଶୂନ୍ୟ ବୋଲି ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଇ ଦିଆଯାଇପାରେ ତାହାହେଲେ $n = 2$ ହେବ ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମ ସତ୍ୟ ହେବ । ବୈଜ୍ଞାନିକ କାଭେଣ୍ଡିସ୍ ଯେଉଁ ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଗୋଲାକାର କବଚର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଭାଗରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା ଶୂନ୍ୟ ବୋଲି ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ତାହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା—

A ଏକ ପରିବାହୀ ଗୋଲକ (ଚିତ୍ର ନଂ 5.9) ଓ ତାହା ଅନ୍ୟ ଏକ ସମକେନ୍ଦ୍ରୀ ଓ ଫମ୍ପା ପରିବାହୀ ଗୋଲକ B ଭିତରେ ସ୍ଥାପିତ । ଉଭୟ ଗୋଲକ ପରସ୍ପରଠାରୁ ରୋଧିତ । ପ୍ରଥମେ ବାହ୍ୟ ଗୋଲକଟିକୁ ଗୃର୍ଜ କରି ତାହାକୁ ଗୋଟିଏ ତାର ସାହାଯ୍ୟରେ ଆଭ୍ୟନ୍ତର ଗୋଲକ ସହିତ ସ୍ପର୍ଶ କରାଯାଏ ଓ ଗୋଟିଏ ରେଶମ ସୂତା ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହି ସମ୍ପର୍ଶ ଛିନ୍ନ କରି ଦିଆଯାଏ । କାଭେଣ୍ଡିସ୍‌ଙ୍କ ମତ ଅନୁଯାୟୀ ଯଦି $n > 2$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର EO ରେ କିଛି ପରିମାଣ $+$ଗୃର୍ଜ Bରୁ Aକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରିବ ଏବଂ ଯଦି $n < 2$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ A ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଗୃର୍ଜିତ ହେବ ; କିନ୍ତୁ ଯଦି $n = 2$ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ A ଗୃର୍ଜ ଶୂନ୍ୟ ହେବ । କାଭେଣ୍ଡିସ୍ ଗୋଟିଏ



(ଚିତ୍ର ନଂ 5.9)

ପିଥ୍ ବଲ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପ ସାହାଯ୍ୟରେ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଗୋଲକଟି ଚାର୍ଜଶୂନ୍ୟ ହୋଇଥିବାର ଦର୍ଶାଇଥିଲେ । ତେଣୁ ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ $n=2$ ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମ ସତ୍ୟ ।

5.14 ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର (Electric field) :

କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ଯେଉଁ ଅଞ୍ଚଳରେ ତାହାର ପ୍ରଭାବ ଅର୍ଥାତ୍ ଆକର୍ଷଣ ବା ବିକର୍ଷଣ ବଳ ଅନୁଭୂତ ହୁଏ ତାହାକୁ ଏହି ଚାର୍ଜର ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର କୁହାଯାଏ । ତାତ୍ତ୍ୱିକ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଏହି କ୍ଷେତ୍ର ଅସୀମ ଦୂରତ୍ୱ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିସ୍ତୃତ କିନ୍ତୁ ବାସ୍ତବ କ୍ଷେତ୍ରରେ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୂରତ୍ୱ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହାର ପ୍ରଭାବ ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟ ଓ ଏହି ସୀମା ବାହାରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରଭାବ ନଗଣ୍ୟ ।

5.15 ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା (Intensity of electric field) :

ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଏକକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଉଥିବା ବଳକୁ ସେହି ବିନ୍ଦୁର ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା କୁହାଯାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଯଦି $+q$ ଚାର୍ଜ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥାଏ ଓ ତାହା ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ F ହୁଏ ତାହାହେଲେ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା

$$E = \frac{F}{+q} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (5.8)$$

ବିନ୍ଦୁଟି ଯଦି Q ଚାର୍ଜଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ସେ. ଗ୍ରା. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ—

$$F = \frac{k\,Qq}{r^2}$$

ସୁତରାଂ $E = \frac{k\,Qq}{qr^2} = \frac{k\,Q}{r^2}$ ଡାଇନ୍/ଷ୍ଟାଟକୁଲମ୍ $\cdots$ (5.9)

ମି. କି. ସେ ପଦ୍ଧତିରେ—

$$E = \frac{F}{+q} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \times \frac{Q}{r^2} \text{ ନିଉଟନ/କୁଲମ୍} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (5.10)$$

$$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{Q}{Kr^2} \text{ ନିଉଟନ/କୁଲମ୍} \qquad \cdots \qquad (5.11)$$

ଏଠାରେ, $\in$ = ମାଧ୍ୟମର ପରମ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା

$\in_0$ = ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମର ପରମ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା

K = ମାଧ୍ୟମର ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା

ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତାର ପରିମାଣ ଓ ଦିଗ ଅଛି । ତେଣୁ ଏହା ଏକ ଭେକ୍‌ଟର ରାଶି ।

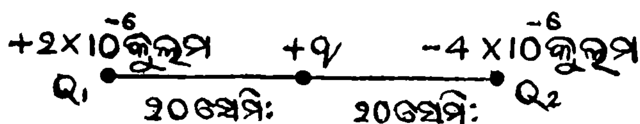
ଉଦାହରଣ (1) ଦୁଇଟି ଧାତବ ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ଗୋଟିଏ ପ୍ରୋଟନ ଉପରେ $5{\cdot}2\times10^{-15}$ ନିଉଟନ୍ ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୁଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$$E = \frac{F}{+q} = \frac{5{\cdot}2\times01^{-15}\ \text{ନିଉଟନ}}{1{\cdot}6\times10^{-19}\ \text{କୁଲମ୍}}$$

$$= 3{\cdot}25\times10^{4}\ \text{ନିଉଟନ/କୁଲମ}$$

(2) ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମରେ ପରସ୍ପରଠାରୁ 40 ସେ: ମି: ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜ $+2$ ମାଇକ୍ରୋ କୁଲମ ଓ ଅନ୍ୟଟି -4 ମାଇକ୍ରୋ କୁଲମ ହେଲେ ସେମାନଙ୍କର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଯଦି ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନରେ ଗୋଟିଏ $+q$ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥିବାର ଅନୁମାନ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଏକକ ଚାର୍ଜ ଉପରେ ପ୍ରତି ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଉଥିବା ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହେବ ଓ ଏହି ବଳଦ୍ୱୟର ଭେକଟର ମିଶ୍ରଣରୁ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ଜାଣିହେବ । ଏହି ବଳଦ୍ୱୟ ଏକ ଦିଗରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେବ ।



$$\rightarrow E_1$$
$$\rightarrow E_2$$
$$E = E_1 + E_2 \rightarrow$$

(ଚିତ୍ର ନଂ 5·10)

$$E = E_1 + E_2 = \frac{1}{4\pi\in_0}\ \frac{Q_1}{r_1^2} + \frac{1}{4\pi\in_0}\times\frac{Q_2}{r_2^2}$$

$$= \frac{1}{4\pi\in_0}\times\left[\frac{Q_1}{r_1^2}+\frac{Q_2}{r_2^2}\right]$$

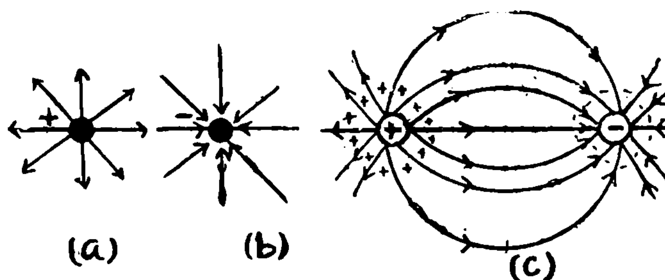
$$= 9 \times 10^{9}\ \frac{\text{ନିଉଟନ} - \text{ମି}^{2}}{(\text{କୁଲମ୍})^{2}} \times \left[\frac{2 \times 10^{-6}\ \text{କୁଲମ୍}}{(\cdot 2\ \text{ମି})^{2}} + \frac{4 \times 10^{-6}\ \text{କୁଲମ୍}}{(\cdot 2\ \text{ମି})^{2}}\right]$$

$$= \frac{9 \times 10^{9} \times 10^{-6} \times 6}{4 \times 10^{-2}}\ \text{ନିଉଟନ/କୁଲମ୍}$$

$$= 1{\cdot}35 \times 10^{4}\ \text{ନିଉଟନ/କୁଲମ୍}$$

5·16 **ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳରେଖା** (Electric lines of force) :

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରତିବିନ୍ଦୁରେ କ୍ଷେତ୍ରର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତୀବ୍ରତା ଓ ଦିଗ ଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଯଦି ଗୋଟିଏ ଏକକ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ତାହା ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ଓ ଏକକ ଚାର୍ଜଟିର ଯେଉଁ ଦିଗରେ ଗତି କରିବାର ପ୍ରବୃତ୍ତି ଥାଏ ତାହା ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ଦର୍ଶାଇଦିଏ । ଏକକ ଚାର୍ଜ ମୁକ୍ତ ହୋଇଥିଲେ ତାହା ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଯେଉଁ ପଥଦେଇ ଗତି କରିବ ତାହାକୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳରେଖା କୁହାଯାଏ । ଗୋଟିଏ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ଗୋଲକ ନିକଟରେ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାପନ କଲେ ତାହା ଅରୀୟ (Radial) ଦିଗରେ କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ ବାହାରକୁ ବିକର୍ଷିତ ହେବ ଓ ତେଣୁ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଅରୀୟ ହେବ ଓ ସେମାନଙ୍କର ଦିଗ (ଚିତ୍ର ନଂ 5·11a) କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ ବାହାରକୁ ହେବ । ସେହିପରି ଗୋଟିଏ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ଗୋଲକର ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟ ଅରୀୟ ହେବ ଓ ସେମାନେ କେନ୍ଦ୍ରାଭିମୁଖୀ ହେବେ (ଚିତ୍ର ନଂ 5·11b) । କିନ୍ତୁ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଗୋଟିଏ



(ଚିତ୍ର ନଂ 5·11)

ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ଗୋଟିଏ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଥିଲେ (ଚିତ୍ର ନଂ 5·11c) ସେମାନଙ୍କ ନିକଟରେ ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରର

ସଂଯୋଜକ ତୀବ୍ରତାର ଭେକ୍ଟର ଯୋଗଫଳ ସହିତ ସମାନ ହେବ । ଏଠାରେ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାପନ କଲେ ତାହା ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତାର ଦିଗ ଦୁଇ ଚାର୍ଜର ଆପେକ୍ଷିକ ଦୂରତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରିବ ଓ ଏହି ଦିଗ ବିନ୍ଦୁକୁ ବିନ୍ଦୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେବ ।

ସୁତରାଂ ଏଠାରେ ମୁକ୍ତ ଏକକ ଚାର୍ଜଟି ଏକ ବକ୍ରପଥ ଅନୁସରଣ କରିବ ଅର୍ଥାତ ବଳରେଖା ବକ୍ର ହେବ । ଏହି ବକ୍ରରେଖାର ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଅଙ୍କିତ ସ୍ପର୍ଶକ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତାର ଦିଗ ଦର୍ଶାଇ ଦେବ । ତେଣୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳରେଖା ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅଙ୍କିତ ଏପରି ବକ୍ରରେଖା ଯାହାର ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଅଙ୍କିତ ସ୍ପର୍ଶକ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତାର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ । କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ଏହିପରି ଅସଂଖ୍ୟ ବଳରେଖାଦ୍ୱାରା ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ହୋଇଥିବାର କଳ୍ପନା କରାଯାଏ ।

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳରେଖାର ଧର୍ମ :

(1) ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ +ଚାର୍ଜରୁ ଆରମ୍ଭ ହୁଏ ଓ –ଚାର୍ଜରେ ସମାପ୍ତ ହୁଏ ।

(2) କୌଣସି +ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ପଦାର୍ଥର ପୃଷ୍ଠଭାଗର ଏହି ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଲମ୍ବଭାବରେ ଆରମ୍ଭ ହୁଏ ଓ – ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ପଦାର୍ଥରେ ତାହାର ପୃଷ୍ଠତଳ ସହିତ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ସମାପ୍ତ ହୁଏ ।

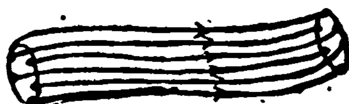
(3) ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ଛେଦ କରନ୍ତି ନାହିଁ ।

(4) ଏହି ରେଖାଗୁଡ଼ିକର ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ଭାବରେ (Longitudinally) ସଙ୍କୁଚିତ ହେବାର ଓ ପାର୍ଶ୍ୱୀୟ ଭାବରେ (Laterally) ପ୍ରସାରିତ ହେବାର ପ୍ରବୃତ୍ତି ଥାଏ ।

5·17 ବଳରେଖା ଗୁଚ୍ଛ (Tubes of force) :

ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳରେଖା ସାହାଯ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର ସମ୍ବନ୍ଧରେ ବହୁ ବିଷୟ ଜାଣିହୁଏ କିନ୍ତୁ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜରୁ ଅସଂଖ୍ୟ ବଳରେଖା ଆରମ୍ଭ ହେଉଥିବାରୁ ତାତ୍ତ୍ୱିକ ଦୃଷ୍ଟିରୁ କେତେକ ଅସୁବିଧାର ସମ୍ମୁଖୀନ ହେବାକୁ ହୁଏ । ସେଥିପାଇଁ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଫାରାଡ଼େ ଦୁଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଗୁଚ୍ଛ ଆକାରରେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇଥିବାର କଳ୍ପନା କରିଥିଲେ ଓ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ବହୁ

ବିଷୟ ବୁଝାଇପାରିଥିଲେ । ଏହି ବଳରେଖା ଗୁଚ୍ଛଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଏକ ନଳ ସଦୃଶ ଓ ଏହି ନଳର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦିଗରେ ତାହାର ପୃଷ୍ଠଭାଗରେ ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇ ରହିଥିବାର ପରିକଳ୍ପନା କରାଯାଏ । ଏହି ରେଖାଗୁଚ୍ଛକୁ **ବଳରେଖା ଗୁଚ୍ଛ** (Tubes of force) କୁହାଯାଏ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସେମାନଙ୍କର ସଂଖ୍ୟା ସୀମାବଦ୍ଧ । ଫାରାଡେଙ୍କ ମତ ଅନୁଯାୟୀ ଏହି ନଳର ଦୁଇ-ପ୍ରାନ୍ତରେ ଯଥାକ୍ରମେ ଯୁକ୍ତ ଓ ବିଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍କ୍ଷେତ୍ରର ଯେଉଁ ଅଞ୍ଚଳରେ ତୀବ୍ରତା ଅଧିକ ସେଠାରେ ଏହି ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ଗୁଡ଼ିକ ସଙ୍କୀର୍ଣ୍ଣ ଓ ଯେଉଁ ଅଞ୍ଚଳରେ ତୀବ୍ରତା କମ୍ ସେଠାରେ ଏହି ଗୁଚ୍ଛଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରଶସ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ନିକଟରେ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଅଧିକ ହେଉଥିବାରୁ ଓ ଦୂରତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ତୀବ୍ରତା ହ୍ରାସ ପାଉଥିବାରୁ ଚାର୍ଜ ନିକଟରେ ରେଖାଗୁଚ୍ଛଗୁଡ଼ିକ ସଙ୍କୀର୍ଣ୍ଣ ଓ ଦୂରତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ସେଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରଶସ୍ତ ହୋଇଯାଏ । ଏହି ପରିକଳ୍ପନା ଦ୍ୱାରା ଚାର୍ଜ ନିକଟରୁ ନିର୍ଗମ ହେଉଥିବା ସୀମିତ ସଂଖ୍ୟକ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ କିପରି ସମଗ୍ର ବିଦ୍ୟୁତ୍କ୍ଷେତ୍ର ଅଞ୍ଚଳରେ ପରିବ୍ୟାପ୍ତ ହୋଇ ତାହାକୁ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରିଦିଏ ତାହା ସହଜରେ ଅନୁମେୟ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 5·12)

5·21 **ପରିମାଣଗତ ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ** (Quantitative significance) :

ବୈଜ୍ଞାନିକ ଫାରାଡ଼େ ଓ ବୈଜ୍ଞାନିକ ମାକ୍ସୱେଲ୍ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛଗୁଡ଼ିକର ଏକ ପରିମାଣ ଗତ ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ ଥିବାର ଦର୍ଶାଇଥିଲେ । ସେମାନଙ୍କ ମତ ଅନୁଯାୟୀ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ସେହି ବିନ୍ଦୁର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଯାଉଥିବା ରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟା ସହିତ ସମାନ । ତୀବ୍ରତା ଓ ରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସମ୍ବନ୍ଧ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଭିନ୍ନ ପଦ୍ଧତିରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ ।

(1) **ଫାରାଡେଙ୍କ ଏକକ ରେଖା ଗୁଚ୍ଛ** (Faraday's unit tube of force) :

ଫାରାଡେଙ୍କ ମତ ଅନୁଯାୟୀ ଯେ କୌଣସି ମାଧ୍ୟମରେ ଅବସ୍ଥିତ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ ଚାର୍ଜର ଗୋଟିଏ ଫାରାଡ଼େ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ନିର୍ଗମ ହୁଏ । ସୁତରାଂ Q ପରିମାଣ ଚାର୍ଜରୁ Q ସଂଖ୍ୟକ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ନିର୍ଗମ ହେବ । ମନେକର K ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ମାଧ୍ୟମରେ Q ଚାର୍ଜ ଅବସ୍ଥିତ । ଏହି ଚାର୍ଜକୁ କେନ୍ଦ୍ର କରି ତାହାର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଗୋଲକ କଳ୍ପନା କରାଯାଉ ଓ

ଏହି ଗୋଳକର ପୃଷ୍ଠତଳର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $4\pi r^2$ ହେବ । ସୁତରାଂ ଏହି ଗୋଳକ ପୃଷ୍ଠତଳର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ମଧ୍ୟଦେଇ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟା .

$$N = \frac{Q}{4\pi r^2} = \frac{K}{4\pi} \times \frac{Q}{Kr^2} = \frac{KE}{4\pi} \quad \ldots \quad \ldots \quad (5\cdot 2)$$

ଏଠାରେ $E = \frac{Q}{Kr^2}$ = ଗୋଳକ ପୃଷ୍ଠତଳର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା

$$\therefore \; E = \frac{4\pi N}{K} \quad \ldots \quad \ldots \quad (5\cdot 13)$$

(2) **ମାକ୍ସୱେଲଙ୍କ ଏକକ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛ** Maxwell's unit tube of force) :

ମାକ୍ସୱେଲ ମଧ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ ଗ୍ରାହ୍ୟରୁ ନିର୍ଗମ ହେଉଥିବା ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଗୁଚ୍ଛ ଆକାରରେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇଥିବାର କଳ୍ପନା କରିଥିଲେ ଓ ତାଙ୍କ କଳ୍ପନା ଅନୁଯାୟୀ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ସେହି ବିନ୍ଦୁର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଯାଉଥିବା ଏହି ପ୍ରକାର ରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟା ସହିତ (ସାଂଖ୍ୟିକ) ସମାନ । ମନେକର K ଆପେକ୍ଷିତ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ମାଧ୍ୟମରେ Q ଗ୍ରାହ୍ୟ ସ୍ଥାପିତ । ତେଣୁ Qଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା = $\frac{Q}{Kr^2}$ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଏହି ଗ୍ରାହ୍ୟ Qକୁ କେନ୍ଦ୍ର କରି r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଗୋଳକ କଳ୍ପନା କଲେ ତାହାର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $4\pi r^2$ ହେବ । ଯଦି ଗ୍ରାହ୍ୟ Qରୁ N ସଂଖ୍ୟକ ମାକ୍ସୱେଲ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ଗୋଳକର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $4\pi r^2$ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଯିବ । ତେବେ ଗୋଳକର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଉଥିବା ମାକ୍ସୱେଲ ରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟା $\frac{N}{4\pi r^2}$ ।

ସଂଜ୍ଞା ଅନୁଯାୟୀ, $\frac{N}{4\pi r^2} = \frac{Q}{Kr^2}$

$$\therefore \; N = \frac{4\pi Q}{K} \quad \ldots \quad \ldots \quad (5\cdot 14)$$

ସୁତରାଂ **ମାକ୍ସୱେଲଙ୍କ କଳ୍ପନା ଅନୁଯାୟୀ K ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ବିଶିଷ୍ଟ ମାଧ୍ୟମରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ ଗ୍ରାହ୍ୟରୁ $\frac{4\pi}{K}$ ସଂଖ୍ୟକ ମାକ୍ସୱେଲ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ନିର୍ଗମ ହୁଏ ।**

(3) ଏକକ ପ୍ରେରଣ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ (Unit tube of induction) :

ଯଦି ବଳରେଖା ଦ୍ୱାରା ଗୁଚ୍ଛଗୁଡ଼ିକ ଏପରି ଗଠିତ ହୋଇଥିବାର କଳ୍ପନା କରାଯାଏ ଯେ ମାଧ୍ୟମ ଯାହାହେଉନା କାହିଁକି ଏକକ ଚାର୍ଜରୁ 4π ସଂଖ୍ୟକ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ନିର୍ଗମ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଏହି ରେଖାଗୁଚ୍ଛକୁ **ଏକକ ପ୍ରେରଣ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ** କୁହାଯାଏ । ଏହି କଳ୍ପନା ଅନୁଯାୟୀ Q ଚାର୍ଜରୁ $4\pi Q$ ସଂଖ୍ୟକ ପ୍ରେରଣ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ନିର୍ଗମ ହେବ । ଯଦି ଚାର୍ଜ Qକୁ କେନ୍ଦ୍ର କରି r ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଗୋଲକ କଳ୍ପନା କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ଏହି ଗୋଲକ ପୃଷ୍ଠତଳର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଯାଉଥିବା ପ୍ରେରଣ ରେଖାଗୁଚ୍ଛର ସଂଖ୍ୟା—

$$\frac{4\pi Q}{4\pi r^2}=\frac{Q}{r^2}=\frac{KQ}{Kr^2}=KE \quad .... \quad .... \quad \cdots (5\cdot15)$$

ଏଠାରେ $E=\dfrac{Q}{Kr^2}$ = ଗୋଲକ ପୃଷ୍ଠତଳର ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ।

ଉପରୋକ୍ତ KE ରାଶିଟିକୁ ଆଲୋଚ୍ୟ ପୃଷ୍ଠତଳର **ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ** (Electric induction) ବା **ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତା** (Electric flux density) କୁହାଯାଏ ଓ ଏହାକୁ ଅକ୍ଷର D ଦ୍ୱାରା ସୂଚାଇ ଦିଆଯାଏ Dକୁ **ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ** (Electric displacement) ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।

ସୁତରାଂ $D = KE$

ଓ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ $= \int KE ds \quad \cdots \quad \cdots \cdots (5\cdot16)$

କୌଣସି ବନ୍ଦ **ପୃଷ୍ଠତଳ ମଧ୍ୟଦେଇ ତାହା ସହିତ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ନିର୍ଗମ ହେଉଥିବା ପ୍ରେରଣ ରେଖାଗୁଚ୍ଛକୁ "ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ"** (Total normal induction) କୁହାଯାଏ ।

ମାକ୍ସୱେଲ ଏହି ରେଖାଗୁଚ୍ଛଗୁଡ଼ିକର **ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ଟାନ** (Longitudinal tension) ଓ **ପାର୍ଶ୍ୱୀୟ ଚାପ** (Lateral pressure) ଥିବାର କଳ୍ପନା କରିଥିଲେ । ସେ ଧରିନେଇଥିଲେ ଯେ ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦିଗରେ ଏହି ଟାନ $=\dfrac{KE^2}{8\pi}$ ଡାଇନ/ସେ:ମି:^{2} ଓ ଏହା ଫଳରେ ରେଖାଗୁଚ୍ଛର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦିଗରେ ସଙ୍କୁଚିତ ହେବାର ପ୍ରବୃତ୍ତି ଥାଏ ।

ସେହିପରି ପାର୍ଶ୍ୱୀୟ ଚାପର ପରିମାଣ $=\frac{KE^2}{8\pi}$ ଡାଇନ୍/ସେ.ମି.^{2} । ଏହି ଟାଣ ଓ ଚାପର ବ୍ୟବସ୍ଥାଟି ସର୍ବଦା ସନ୍ତୁଳନ ଅବସ୍ଥାରେ ରହୁଥିବାର ସେ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ । ସେ ଏହି ରେଖାଗୁଚ୍ଛର ଅନୁଦୈର୍ଘ୍ୟ ଟାଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଇ ବିପରୀତ ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ କିପରି ଆକର୍ଷଣ ହୁଏ ଓ ପାର୍ଶ୍ୱୀୟ ଚାପଫଳରେ ସମଜାତୀୟ ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ କିପରି ବିକର୍ଷଣ ହୁଏ ତାହା ବୁଝାଇ ଦେଇ ପାରିଥିଲେ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଚିତ୍ର ନଂ 5.13ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଥିବା ଏକ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ବିଚାର କରାଯାଉ । ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା ଏହି ରେଖାଗୁଚ୍ଛର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦିଗରେ କ୍ରିୟା କରିବ । A ଓ Bଠାରେ ଯଥାକ୍ରମେ ଏହି ରେଖାଗୁଚ୍ଛର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ds_1 ଓ ds_2, ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା E_1 ଓ E_2

A
B
ds_1
E_1
ds_2
E_2
K_1
K_2

(ଚିତ୍ର ନଂ 5·13)

ଏବଂ ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା K_1 ଓ K_2 ହେଉ । ଯେହେତୁ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ଚାର୍ଜ ଆବଦ୍ଧ ନୁହେଁ, ତେଣୁ

$$K_1E_1ds_2=K_2E_2ds_2 \quad .... \quad .... \quad .... \quad (5\cdot17)$$

ଯଦି ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପ୍ରତି ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ $D=KE$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$D_1\ ds_1=D_2\ ds_2 \quad ... \quad .... \quad .... \quad (5.18)$$

ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ଯେଉଁ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀରୁ ନିର୍ଗମ ହେଉଥାଏ ସେଠାରେ

$$Dds=4\pi(\sigma ds)$$

ଏଠାରେ, ds = ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ଉପରେ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ଯେଉଁଫଳ ଛେଦକରେ

σ ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠତଳ ସାନ୍ଦ୍ରତା (Surface density)

$$D=4\pi\sigma \quad .... \quad .... \quad .... \quad ....(5\cdot .9)$$

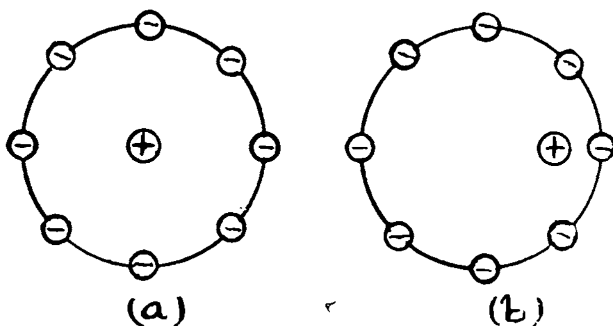
5·18 ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ (Dielectrics) :

ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଜ୍ଞାନରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକର (ରୋଧୀ ପଦାର୍ଥ) ଭୂମିକା ଖୁବ୍ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ । ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଓ ପରିବାହୀର କେତେକ ଧର୍ମ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ପୂର୍ବରୁ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଅଛି । ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଥାଏ ଏବଂ ପରିବାହୀରେ ଥିବା ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟ କକ୍ଷସ୍ଥିତ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ସହିତ ଦୃଢ଼ଭାବେ

ବାନ୍ଧହୋଇ ରହି ନଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା ଦ୍ୱାରା ଏହି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଗୁଡ଼ିକ ଖୁବ ସହଜରେ ଗତିଶୀଳ ହୁଅନ୍ତି ଓ ଫଳରେ ଅବିରାମ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ସମ୍ଭବ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକରେ ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା ଖୁବ୍ କମ୍ ଓ ସେଥିରେ ଥିବା ପରମାଣୁର ଇଲେକ୍ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରୋଟନ୍ ସହିତ ଦୃଢ଼ଭାବେ ବାନ୍ଧହୋଇ ରହିଥାନ୍ତି । ତେଣୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ ଦ୍ୱାରା (ସୀମିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର) ଏହି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ଅବିରାମ ଗତି ସମ୍ଭବ ହୁଏନାହିଁ ଓ ଫଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରୟୋଗଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକର ଅଣୁ ବା ପରମାଣୁରେ ଥିବା ଚାର୍ଜ ସାମାନ୍ୟ ବିସ୍ଥାପିତ ହୁଏ ।

ବିଦ୍ୟୁତ୍-ପାରକ, ଅଣୁ ବା ପରମାଣୁ ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ପରମାଣୁ ସ୍ୱାଭାବିକ ଅବସ୍ଥାରେ ଥିବାବେଳେ ତାହାର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଥିବା ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ପ୍ରୋଟନ ଓ କକ୍ଷରେ ଥିବା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ (ଚିତ୍ର ନଂ 5.14a) କେନ୍ଦ୍ର ସମାନ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ପରମାଣୁର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରଶମିତ କରନ୍ତି ଓ ତେଣୁ ପରମାଣୁର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ନ ଥାଏ । କେତେକ ପ୍ରକାର ଅଣୁର (ସ୍ୱାଭାବିକ ଅବସ୍ଥାରେ ଥିବାବେଳେ) ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟ ସମାନ ହୋଇଥାଏ ଓ ତେଣୁ ସ୍ୱାଭାବିକ ଅବସ୍ଥାରେ ସେଗୁଡ଼ିକର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ନ ଥାଏ । ଏହିପ୍ରକାର ଅଣୁକୁ **ମେରୁହୀନ (Non polar molecule)** ଅଣୁ କହନ୍ତି ।

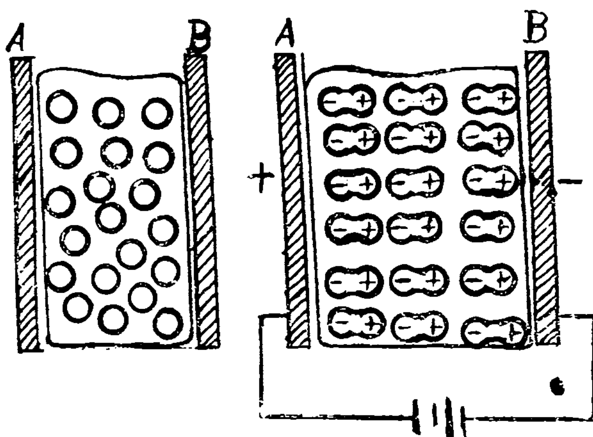
ମେରୁହୀନ ପରମାଣୁ (ବା ଅଣୁ) ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ଖଣ୍ଡିଏ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକକୁ ଦୁଇଟି ଧାତବ ଫଳକ A ଓ b (ଚିତ୍ର ନଂ 5.14d) ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପନ କରି ଫଳକ ଦ୍ୱୟକୁ



(ଚିତ୍ର ନଂ 5.14) (a) (b)

ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ପରମାଣୁ (ବା ଅଣୁ) ମଧ୍ୟରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଓ

ପ୍ରୋଟନର ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣ କେନ୍ଦ୍ର ବିସ୍ଥାପିତ (ଚିତ୍ର ନଂ 5.14b) ହୁଏ । ପରମାଣୁ (ବା ଅଣୁ) ମଧ୍ୟରେ (−) ଇଲେକଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ (+) ଫଳକ A ଆଡ଼କୁ ଓ (+) ପ୍ରୋଟୋନ ଗୁଡ଼ିକ (−) ଫଳକ B ଆଡ଼କୁ ବିସ୍ଥାପିତ ହୁଅନ୍ତି । ଫଳରେ ପରମାଣୁର (ବା ଅଣୁ) ଏକ ପ୍ରାନ୍ତରେ + ଗୁର୍କ ଓ ଅପର ପ୍ରାନ୍ତରେ − ଗୁର୍କ ରହେ ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରମାଣୁ (ବା ଅଣୁ) ଗୋଟିଏ ଗୋଟିଏ **ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ** (Electric dipole)ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ପୁନଶ୍ଚ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇ ନ ଥିବା ବେଳେ ପରମାଣୁ (ବା ଅଣୁ) ଗୁଡ଼ିକ ବିଶୃଙ୍ଖଳ (ଚିତ୍ର ନଂ 5.14a) ଅବସ୍ଥାରେ ରହିଥାନ୍ତି କିନ୍ତୁ ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେବା ପରେ ସେଗୁଡ଼ିକ ଶୃଙ୍ଖଳିତ (ଚିତ୍ର ନଂ 5.14d) ହୋଇ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର



(C) (D)

(ଚିତ୍ର ନଂ 5.14) (c) (d)

ସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇ ରହନ୍ତି । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ଦ୍ୱିମେରୁଗୁଡ଼ିକର ଧନାତ୍ମକ ଗୁର୍କ ଏକ ଦିଗରେ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଗୁର୍କ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ରହେ । ଅନ୍ୟ କେତେକ ପ୍ରକାର ଅଣୁରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଗୁର୍କ ସ୍ୱାଭାବିକ ଅବସ୍ଥାରେ (ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ରର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ) ବିସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥାଏ ଓ ଫଳରେ ସେଗୁଡ଼ିକର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଥାଏ ଅର୍ଥାତ୍ ସ୍ୱାଭାବିକ ଅବସ୍ଥାରେ ସେଗୁଡ଼ିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ । ଏହି ଜାତୀୟ ଅଣୁକୁ **ମେରୁ ଯୁକ୍ତ** (Polar molecule) ଅଣୁ କହନ୍ତି । ଏହି ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ବିଦ୍ୟୁତ ପାରକ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ୱାଭାବିକ ଅବସ୍ଥାରେ (ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ର ଅନୁପସ୍ଥିତିରେ) ବିଶୃଙ୍ଖଳ ଭାବରେ ଥିବାରୁ ସେମାନଙ୍କର ମୋଟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (ପ୍ରଶମିତ ହୋଇ) ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେବାପରେ ଏହି ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ଶୃଙ୍ଖଳିତ ହୋଇ ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ର ଦିଗରେ

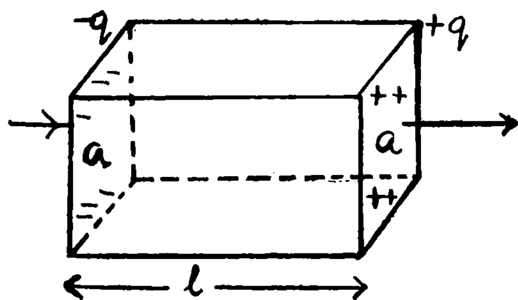
ସଞ୍ଚିତ ହୋଇ ରହନ୍ତି ଏବଂ ସେଗୁଡ଼ିକର [+] ଚୁର୍ଜ [−] ଫଳକ B ଓ [−] ଚୁର୍ଜ [+] ଫଳକ A ପାଖରେ ରହେ ।

ସୁତରାଂ ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତପାରକର ପରମାଣୁ (ବା ଅଣୁ) ମଧ୍ୟରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚୁର୍ଜର ବିସ୍ଥାପନ ହୁଏ ଏବଂ ଯୁକ୍ତଚୁର୍ଜଗୁଡ଼ିକ (−) ଫଳକ ପାଖକୁ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକଚୁର୍ଜ (+) ଫଳକ ପାଖକୁ ବିସ୍ଥାପିତ ହୁଅନ୍ତି । ଏହା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ସେଗୁଡ଼ିକ ଶୃଙ୍ଖଳିତ ହୋଇ ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ର ପାଖରେ ସଞ୍ଚିତ ହୁଅନ୍ତି । ଚୁର୍ଜର ଏହି ବିସ୍ଥାପନ ଓ ପୁନର୍ଯୋଜନାକୁ ବିଦ୍ୟୁତପାରକର **ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ (Electric polarisation)** କୁହାଯାଏ ଓ ଏହା ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ସହିତ ସମାନୁପାତୀ । ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ଫଳରେ ଉଦ୍ଭବ ଯୁକ୍ତ ଓ ବିଯୁକ୍ତ ଚୁର୍ଜ ବିଦ୍ୟୁତପାରକ ମଧ୍ୟଭାଗରେ ପରସ୍ପରକୁ ପ୍ରଶମିତ କରନ୍ତି କିନ୍ତୁ ବିଦ୍ୟୁତପାରକର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତରେ ବିପରୀତ ଚୁର୍ଜ ଅର୍ଥାତ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଚୁର୍ଜିତ ଫଳକ ନିକଟରେ (−) ଚୁର୍ଜ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଚୁର୍ଜିତ ଫଳକ ନିକଟରେ (+) ଚୁର୍ଜ ଉପଜାତ ହୁଏ । ଏହି ଚୁର୍ଜକୁ **ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ଚୁର୍ଜ** ବା **ଅବାସ୍ତବ (Fictitious)** ଚୁର୍ଜ କୁହାଯାଏ ।

5·19 ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ (Polarisation) :

ମନେକର ଖଣ୍ଡିଏ ବିଦ୍ୟୁତ ପାରକର (ଚିତ୍ର ନଂ 5.15) ଦୈର୍ଘ୍ୟ $= l$ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପାର୍ଶ୍ୱର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ $= a$ । ଯଦି ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ ପାରକ ସହିତ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା E ସ୍ଥି: ବୈ: ଏକକ ହୁଏ ଓ ତାହାଦ୍ୱାରା ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ଚୁର୍ଜ $+q$ ଓ $-q$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ଫଳରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ

$$M' = ql$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 5.15)

ବିଦ୍ୟୁତ ପାରକର ଏକକ ଆୟତନ (volume) ପ୍ରତି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣକୁ **ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ (Polarisation)** କୁହାଯାଏ ଓ ଏହାକୁ ଅକ୍ଷର P ଦ୍ୱାରା ସୂଚାଇ ଦିଆଯାଏ । ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ ପାରକର ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣର ଏକ ମାପ ।

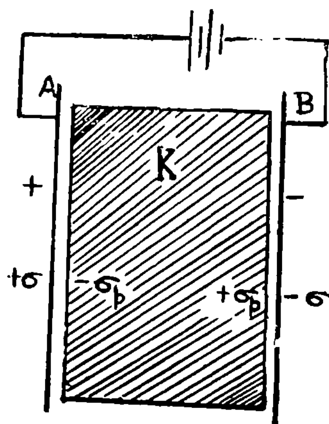
ସୁତରାଂ ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ $P=\frac{ql}{al}=\frac{q}{a}=\sigma_p$

ଏଠାରେ, σ_p = ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ଶକ୍ତିର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା (surface density)

ସୁତରାଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ, ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ଶକ୍ତିର ପୃଷ୍ଠ ସାନ୍ଦ୍ରତା ସହିତ ସାଂଖ୍ୟିକ ସମାନ ।

5.20 ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ ବା ପ୍ରେରଣ :

ବ୍ୟାଟେରୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଦୁଇଟି ଧାତବ ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ର ଉପଜାତ ହୁଏ ତାହାର ତୀବ୍ରତା, ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତପାରକ ସ୍ଥାପନ କଲେ ବିଦ୍ୟୁତପାରକର ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ଫଳରେ ହ୍ରାସ ପାଏ । A ଓ B (ଚିତ୍ର ନଂ 5.16) ଧାତବ ଫଳକଦ୍ୱୟ ବ୍ୟାଟେରୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ମନେକର ଏହି ଧାତବ ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତପାରକ ନାହିଁ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଫଳକ A ଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଓ ଫଳକ B ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଶକ୍ତିତ ହେବ । ମନେକର A ଓ B ଉପରେ ଏହି ଶକ୍ତିର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା ଯଥାକ୍ରମେ $+\sigma$ ଓ $-\sigma$ । ଶୂନ୍ୟ ସ୍ଥାନରେ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା $K=1$; ତେଣୁ ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ ସହିତ ସମାନ ହେବ ଅର୍ଥାତ $D=4\pi\sigma$



(ଚିତ୍ର ନଂ 5.16)

ବର୍ତ୍ତମାନ ଫଳକ AB ମଧ୍ୟରେ K ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ ପାରକ ସ୍ଥାପନ କଲେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ହେବ । ଏହି ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ଫଳରେ ବିଦ୍ୟୁତପାରକର A ନିକଟସ୍ଥ ପ୍ରାନ୍ତରେ (–) ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ଶକ୍ତି ଓ B ନିକଟସ୍ଥ ପ୍ରାନ୍ତରେ (+) ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ଶକ୍ତି ଉପଜାତ ହେବ । ଏହି ଶକ୍ତିର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା ମନେକର ଯଥାକ୍ରମେ $-\sigma_p$ ଓ $+\sigma_p$ । ଏହି ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ଶକ୍ତିଯୋଗୁଁ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $E_p=4\pi\sigma_p=4\pi P$ । ଏହି ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ପୂର୍ବ ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ରର ବିପରୀତ ଓ ତେଣୁ ପୂର୍ବ ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ର ହ୍ରାସ ପାଏ ।

ସୁତରାଂ ବିଦ୍ୟୁତପାରକ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା

$$E = 4\pi\sigma - 4\pi\sigma_p$$
$$= D - 4\pi P$$

∴ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ

$$D = E + 4\pi P \quad \cdots \quad \cdots \quad (5.20)$$

କିମ୍ବା $KE = E + 4\pi P \quad [\quad D = KE]$

$$\therefore K = 1 + \frac{4\pi P}{E}$$
$$= 1 + 4\pi n \quad .... \quad .... \quad (5.21)$$

ଏଠାରେ, $n \left(= \frac{P}{E}\right)$ ଏକକ ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ରପାଇଁ ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ଓ ଏହାକୁ ମାଧ୍ୟମର **ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରବଣତା** (Electric susceptibility) କୁହାଯାଏ । ଏହା ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ମାଧ୍ୟମ ବିଦ୍ୟୁତ ଗୁଣ ଉପଜାତ ହେବାର ସାମର୍ଥ୍ୟର ଏକ ମାପ ।

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ 'କୁଲମ୍ବଙ୍କ ନିୟମ' ଉଲ୍ଲେଖ କର ଓ ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଏକକ ଗୁଣ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କର ସଜ୍ଞା କିପରି ନିରୂପଣ କରାଯାଏ ଦର୍ଶାଅ ।

2. କାଭେଣ୍ଡିସ୍‌ଙ୍କ ଘାତ ଦ୍ୱାରା ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମ ସତ୍ୟାପନ ଚିତ୍ର ସହ ବୁଝାଇଦିଅ ।

3. ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମର ସତ୍ୟାପନ ପାଇଁ ଏକ ସଠିକ ଘାତ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

4. ଯଦି ପ୍ରତିଲୋମ ବର୍ଗ ନିୟମ ସତ୍ୟ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ଗୋଟିଏ ଗୁଣିତ ଫମ୍ପା ଗୋଲକାର ପରିବାହୀର ଯେ କୌଣସି ଆଭ୍ୟନ୍ତର ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା ଶୂନ୍ୟ ହେବ—ଦର୍ଶାଅ ।

5. A ଓ B ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜ ଓ ସେମାନେ ପରସ୍ପରଠାରୁ 5 ସେ: ମି: ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ ଯଦି ଚାର୍ଜ Aର ମାନ $+1$ ମାଇକ୍ରୋକୁଲମ୍ ଓ Bର ମାନ -3 ମାଇକ୍ରୋକୁଲମ୍ ହୁଏ ତାହାହେଲେ Aଠାରୁ 3 ସେ:ମି: ଓ Bଠାରୁ 4 ସେ:ମି: ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ C ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା କେତେ ହେବ ?

6. ଏକ ମାଇକ୍ରୋଗ୍ରାମ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ 10^{-6} ମାଇକ୍ରୋକୁଲମ ଚାର୍ଜ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଜଳ ବୁନ୍ଦାକୁ ଶୂନ୍ୟରେ ଧରି ରଖିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: ୨.8×୧0^{3} ନିଉଟନ/କୁଲମ)

7. ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛ କଣ ବୁଝାଇଦିଅ । ଏହି ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା କିପରି ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ?

8. ଫାରାଡ଼େ ଓ ମାକ୍‌ସୱେଲଙ୍କ ଏକକ ବଳରେଖାଗୁଚ୍ଛ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଭେଦ ଦର୍ଶାଅ । ଏକକ ପ୍ରେରଣ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ଓ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ କଣ ବୁଝାଇଦିଅ ।

9. ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ କଣ ବୁଝାଇଦିଅ । ପ୍ରମାଣ କର ଯେ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ-ପାରକ ମାଧ୍ୟମ ପାଇଁ $D = E + 4\pi P$ ।

ଷଷ୍ଠ ପରିଚ୍ଛେଦ

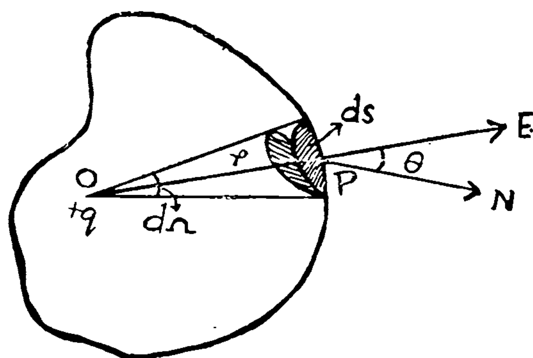
ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଓ ତାହାର ପ୍ରୟୋଗ

(Gauss's Law and its applications)

କାର୍ଲ ଫ୍ରେଡେରିକ ଗସ୍ (1777—1855) କୌଣସି ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠତଳର ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ ଓ ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠତଳ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଚାର୍ଜ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ସମ୍ପର୍କ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ ଓ ଏହି ସମ୍ପର୍କକୁ 'ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ କୁହାଯାଏ ।

ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ :—କୌଣସି ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠତଳର ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ ପୃଷ୍ଠତଳର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଅବସ୍ଥିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ବା ଚାର୍ଜ ସମୁହର 4π ଗୁଣ ; ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ଯଦି ପୃଷ୍ଠତଳର ବହିର୍ଭାଗରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ପୃଷ୍ଠତଳର ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ ।

(i) **ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଚାର୍ଜ :—**ମନେକର K ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ମାଧ୍ୟମରେ S ଏକ (ଚିତ୍ର ନଂ 6·1) ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠତଳ ଓ ଏହି ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠତଳର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଥିବା O ବିନ୍ଦୁରେ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ $+q$ ଅବସ୍ଥିତ । O ବିନ୍ଦୁଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠତଳ ଉପରେ P ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଓ ds ତାହାକୁ ପରିବେଷ୍ଟନ କରୁଥିବା ପୃଷ୍ଠତଳର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଂଶ । P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା Eର ଦିଗ PE ମନେକର ds ସହିତ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ଅଙ୍କିତ ଲମ୍ବ PN ଏବଂ PE ଓ PNର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ $=\theta$ । ସୁତରାଂ PN ଦିଗରେ ତୀବ୍ରତା Eର ଉପାଂଶ $= E \cos\theta$



(ଚିତ୍ର ନଂ 6·1)

∴ ds କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ଅଭିଲମ୍ବ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ (Normal electrical induction)

$$d\psi = KE \cos\theta \; ds$$

$$= K\frac{q}{Kr^2} \cos\theta \; ds = \frac{q}{r^2} \cos\theta \; ds$$

କିନ୍ତୁ $\frac{ds \cos\theta}{r^2} = ds$ ଦ୍ୱାରା O ଠାରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ଘନକୋଣ $= d\Omega$

∴ $KE \cos\theta \; ds = q d\Omega$

∴ ବନ୍ଦପୃଷ୍ଠତଳର ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ

$$\psi = \oint_s KE \cos\theta \; ds = \int_0^{4\pi} q d\Omega = 4\pi q \cdots \qquad \cdots (6{\cdot}1)$$

ଯଦି ବନ୍ଦପୃଷ୍ଠତଳ ଭିତରେ ଚାର୍ଜ $q_1, q_2, q_3 \cdots q_n$ ଥାଏ ଓ ପ୍ରତ୍ୟେକର ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ ଯଥାକ୍ରମେ $\psi_1, \psi_2, \psi_3 \cdots \psi_n$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ପୃଷ୍ଠତଳର ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ

$$\psi = \psi_1 + \psi_2 + \psi_3 + \cdots \psi_n$$

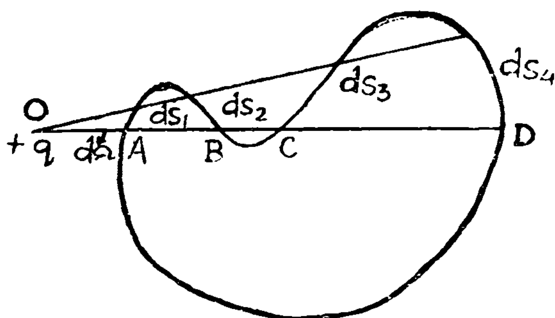
$$= 4\pi (q_1 + q_2 + q_3 + \cdots q_n)$$

$$= 4\pi \Sigma q = 4\pi Q \cdots \qquad \cdots\cdots \qquad \cdots (6{\cdot}2)$$

ଯଦି ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠତଳର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ କୌଣସି ଚାର୍ଜ ନ ଥାଏ, ତାହାହେଲେ $4\pi Q = O$ ଓ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପୃଷ୍ଠତଳର ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ ।

(ii) **ବାହ୍ୟ ଚାର୍ଜ** :—ମନେକର ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ $+q$ ବନ୍ଦପୃଷ୍ଠତଳ ବାହାରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 6·2) O ବିନ୍ଦୁରେ ଅବସ୍ଥିତ । ବର୍ତ୍ତମାନ Oକୁ ଶୀର୍ଷବିନ୍ଦୁ କରି $d\Omega$ ଘନକୋଣ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଶଙ୍କୁ (Cone) ଅଙ୍କନ କରାଯାଉ ଓ ତାହା ବନ୍ଦପୃଷ୍ଠତଳର

$A, B, C,$ ଓ D ବିନ୍ଦୁରେ ଯଥାକ୍ରମେ ds_1, ds_2, ds_3 ଓ ds_4 କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଛେଦକରୁ । ଏଠାରେ ds ଠାରେ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଦଗରେ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣକୁ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବାହ୍ୟ ଦଗରେ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣକୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଧରାଯାଏ । ସୁତରାଂ A ଓ C ଠାରେ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଏବଂ B ଓ Dଠାରେ ଅଭିଲମ୍ବ



(ଚିତ୍ର ନଂ 6.2)

ପ୍ରେରଣ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହେବ । ସୁତରାଂ ବନ୍ଦପୃଷ୍ଠତଳର ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ

$$\psi = -\psi_A + \psi_B - \psi_C + \psi_D$$
$$= -qd\Omega + qd\Omega - qd\Omega + qd\Omega = 0 \quad \dots \qquad \dots (6\cdot3)$$

O ବିନ୍ଦୁରୁ ଅଙ୍କିତ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ସମସ୍ତ ଶଙ୍କୁ (Cone) ପାଇଁ ଏହା ସତ୍ୟ । ସୁତରାଂ ବାହ୍ୟ ଚାର୍ଜ ପାଇଁ ବନ୍ଦ ପୃଷ୍ଠତଳର ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ ।

କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅଙ୍କିତ ବନ୍ଦପୃଷ୍ଠତଳକୁ **ଗସୀୟ** ପୃଷ୍ଠତଳ (Gaussian Surface) କୁହାଯାଏ ।

ds ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ଯଦି ଚାର୍ଜ q_2 ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ $F = Eq_2$

ବନ୍ଦପୃଷ୍ଠତଳ ମଧ୍ୟରେ ଚାର୍ଜ q_1 ଥିଲେ ଓ ତାହାଠାରୁ Pର ଦୂରତ୍ୱ r ହେଲେ

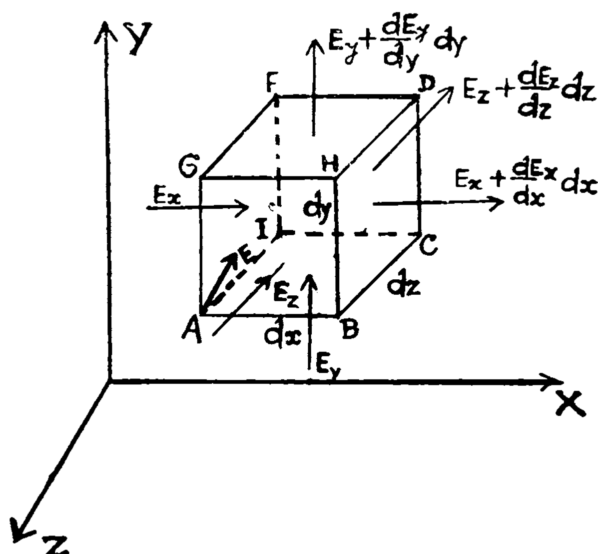
$$E = \frac{q_1}{Kr^2}$$

$$\therefore F = \frac{q_1 q_2}{Kr^2} \text{ (କୁଲମ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ)}$$

ସୁତରାଂ ଏହା ସୁସ୍ପଷ୍ଟ ଯେ କୁଲମ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଓ ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଏକାପରି, କେବଳ ଭିନ୍ନ ରୂପରେ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତ । ଯଦି ବଳକ୍ଷେତ୍ର ଜଣାଯାଏ ତାହାହେଲେ ତାହା ନିକଟରେ ଥିବା ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ସାହାଯ୍ୟରେ ଜାଣିହୁଏ ।

6·2 ପଏସନ୍ ଓ ଲପ୍ଲସେଙ୍କ ସମୀକରଣ (Poisson's and Laplace's equation) :

(i) **ପଏସନ୍ଙ୍କ ସମୀକରଣ** :—ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ପଏସନ୍ଙ୍କ ସମୀକରଣ ଗସ୍ ନିୟମର ଏକ ସମ୍ପ୍ରସାରଣ ମାତ୍ର । କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରସ୍ଥ ଏକ ବିନ୍ଦୁ A ବିଚାର କରାଯାଉ ଓ ମାଧ୍ୟମର ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା K ହେଉ । A ବିନ୍ଦୁରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 6 3)

$ABCF$ ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର (ଚିତ୍ର ନଂ 6·3) କଳ୍ପିତ ସାମାନ୍ତରିକ ଘନକ୍ଷେତ୍ର । ଏହି ଘନକ୍ଷେତ୍ରର ଦୈର୍ଘ୍ୟ, ପ୍ରସ୍ଥ ଓ ବେଧ ଯଥାକ୍ରମେ dx, dy ଓ az ଏବଂ ସେମାନେ ଯଥାକ୍ରମେ x, y, ଓ z ଅକ୍ଷ ସହିତ ସମାନ୍ତର । ଏହି ଘନକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସବତ୍ର ସମଭାବରେ ଚାର୍ଜ ବିସ୍ତୃତ ହୋଇଥିବାର କଳ୍ପନା କରାଯାଇ ଫଳରେ ଘନକ୍ଷେତ୍ର ଭିତରକୁ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ଅପେକ୍ଷା ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ଅଧିକ ହେବ ।

A ବିନ୍ଦୁରେ ଯଦି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା E ହୁଏ ତାହାହେଲେ x, y, z, ଅକ୍ଷ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ତାହାର ଉପାଂଶ ଯଥାକ୍ରମେ E_x, E_y ଓ E_z ହେବ ।

ଯଦି E_xର ମାନ A ବିନ୍ଦୁରୁ OX ଦିଗରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ BD ପାର୍ଶ୍ୱରେ (Face) ତାହାର ମାନ $= E_x + \frac{dE_x}{dx} dx$

ସୁତରାଂ AF ପାର୍ଶ୍ୱରେ (Face) OX ଦିଗରେ ଘନକ୍ଷେତ୍ର ଭିତରକୁ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ$= KE_x\, dydz$ ଏବଂ BD ପାର୍ଶ୍ୱରେ OX ଦିଗରେ ଘନକ୍ଷେତ୍ର ବାହାରକୁ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ $= K\left(E_x + \frac{dE_x}{dx} dx\right)dydz$

∴ ଘନକ୍ଷେତ୍ରର BD ଓ AF ପାର୍ଶ୍ୱର ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ

$$= K\left(E_x + \frac{dE_x}{dx} dx\right) dy \times dz - K\, E_x dy dz$$

$$= K\frac{dE_x}{dx} dx \cdot dydz$$

ସେହିପରି AC ଓ GD ପାର୍ଶ୍ୱର ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ

$$= K\frac{dE_y}{dy} dydxdz$$

ଏବଂ AH ଓ FC ପାର୍ଶ୍ୱର ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ

$$= K\frac{dE_z}{dz} dzdxdy$$

ସୁତରାଂ ସାମାନ୍ତରିକ ଘନକ୍ଷେତ୍ରରୁ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ

$$= K\left(\frac{dE_x}{dx} + \frac{dE_y}{dy} + \frac{dE_z}{dz}\right) dx\, dy\, dz$$

ବନ୍ଦ ଘନକ୍ଷେତ୍ରରେ ଚାର୍ଜର ଘନତ୍ୱ (volume density) ଯଦି ρ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ$= \rho\, dx\, dy\, dz$ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଗଉସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$$K\left(\frac{dE_x}{dx} + \frac{dE_y}{dy} + \frac{dE_z}{dz}\right) dx\, dy\, dz = 4\pi\rho\, dx\, dy\, dz$$

କିମ୍ବା $\frac{dE_x}{dx} + \frac{dE_y}{dy} + \frac{dE_z}{dz}\Big) = \frac{4\pi\rho}{K}$ .... (6·4)

ଏହା ସମଧର୍ମୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ମାଧ୍ୟମ (Homogeneous dielectric medium) ପାଇଁ **ପଏସନ୍ ସମୀକରଣ** ଅଟେ ।

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣକୁ ଭେକ୍ଟର ସଙ୍କେତଦ୍ୱାରା ନିମ୍ନଲିଖିତ ଭାବରେ ଲେଖାଯାଏ

$$divE = \Delta E = \frac{4\pi\rho}{K} \text{ (ସେ: ଗ୍ରା: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ)} \qquad (6.5)$$

ମି: କି: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ $divE = \Delta E$

$$= \frac{\rho}{\epsilon_0 K} \qquad \cdots \qquad (6.6)$$

ଏଠାରେ ସଙ୍କେତ Δ (ଉଚ୍ଚାରଣ 'ଡେଲ')

$$= \frac{d}{dx} + \frac{d}{dy} + \frac{d}{dz}$$

A ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଯଦି V ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$E_x = -\frac{dV}{dx}, \; E_y = -\frac{dV}{dy} \text{ ଏବଂ } E_z = -\frac{dV}{dz}$$

ସୁତରାଂ ପଏସନ୍‌ଙ୍କ ସମୀକରଣରୁ

$$\frac{d^2V}{dx^2} + \frac{d^2V}{dy^2} + \frac{d^2V}{dz^2} = -\frac{4\pi\rho}{K} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (6.7)$$

ଭେକ୍ଟର ସଙ୍କେତ ଅନୁଯାୟୀ

$$\Delta^2 V = -\frac{4\pi\rho}{K} \text{ (ସେ: ଗ୍ରା: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ)} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (6.8)$$

ଏବଂ ମି: କି: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ

$$\Delta^2 V = -\frac{\rho}{\epsilon_0 K} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (6.9)$$

ଏଠାରେ ସଙ୍କେତ $\Delta^2 = \frac{d^2}{dx^2} + \frac{d^2}{dy^2} + \frac{d^2}{dz^2}$

(ii) ଲପ୍‌ଲସେଙ୍କ ସମୀକରଣ :—

ଯଦି ସାମାନ୍ତରିକ ଘନକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଚାର୍ଜ ନ ଥାଏ ଅର୍ଥାତ୍ $\rho = 0$, ତାହାହେଲେ

$$\frac{dE_x}{dx} + \frac{dE_y}{dy} + \frac{dE_z}{dz} = \Delta E = 0$$

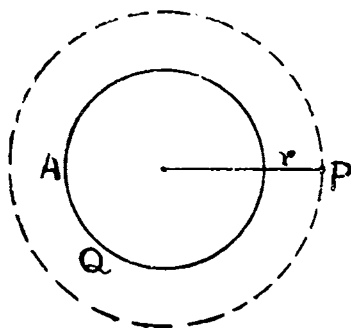
$$\text{ଏବଂ} \quad \frac{d^2V}{dx^2}+\frac{d^2V}{dy^2}+\frac{d^2V}{dz^2}=\Delta^2V=0 \quad .... \qquad (6.10)$$

ଏହି ସମୀକରଣଗୁଡ଼ିକୁ **ଲପ୍‌ଲସେଙ୍କ ସମୀକରଣ** ଓ Δ^2 ସଙ୍କେତକୁ ଲେପ୍‌ଲସେଙ୍କ ଅପରେଟର୍ (Laplace's operator) କୁହାଯାଏ ।

6.3 ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ :

1. ସମଭାବରେ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ପଦାର୍ଥର ଗୋଲକଯୋଗୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା (Intensity of field due to uniformly charged spherical conductor) :

(କ) **ବାହ୍ୟବିନ୍ଦୁ** :— ମନେକର *A* ଏକ (ଚିତ୍ର ନଂ 6.4) ପରିବାହୀ ପଦାର୍ଥର ଗୋଲକ ଓ ସେଥିରେ ଥିବା ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ Q । ଏହି ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ରଠୁ *r* ଦୂରତ୍ୱରେ *P* ଏକ ବାହ୍ୟ ବିନ୍ଦୁ ଓ ଏହି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । ଗୋଲକ ବାହାରେ ଥିବା ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ (Dielectric constant) K ହେଉ । ବର୍ତ୍ତମାନ *P* ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟଦେଇ ଗୋଲକ ସହିତ ସକେନ୍ଦ୍ରୀ ଏକ ଗୋଲକାର ଗସୀୟ ପୃଷ୍ଠତଳ (Gaussian surface) ଅଙ୍କନ କରାଯାଉ । ଏହି ପୃଷ୍ଠତଳର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ = $4\pi r^2$ । ଏହି ଗସୀୟ ପୃଷ୍ଠର ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା *E* ହେଉ । ଏହି ତୀବ୍ରତାର ଦିଗ ପ୍ରତି ବିନ୍ଦୁରେ ପୃଷ୍ଠତଳ ସହିତ ଲମ୍ବ ହେବ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 6·4)

ଏଠାରେ ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ $= KE_x 4\pi r^2$

ଗସଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ,

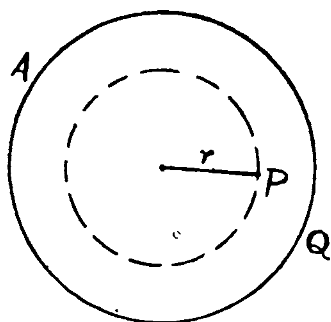
$$KE_x 4\pi r^2 = 4\pi Q$$

$$\therefore \; E=\frac{Q}{Kr^2} \text{ ଡାଇନ/ଷ୍ଟାଟକୁଲମ} \quad \cdots \quad \cdots \qquad (6.11)$$

[ମି: କି: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ $E=\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 Kr^2}$ ନିଉଟନ/କୁଲମ]

ତେଣୁ ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ଗୋଲକର ଯେ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତାର ମାନ ଏପରି ହୁଏ ଯେ ଗୋଲକର ପୃଷ୍ଠଭାଗରେ ଅବସ୍ଥିତ ସମସ୍ତ ଚାର୍ଜ ତାହାର କେନ୍ଦ୍ରରେ କେନ୍ଦ୍ରୀଭୂତ ହୋଇଥିବାର କଳ୍ପନା କରାଯାଇପାରେ ।

(b) **ଆଭ୍ୟନ୍ତର ବିନ୍ଦୁ** :—ମନେକର P ବିନ୍ଦୁଟି ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ (ଚିତ୍ର ନଂ 6.5) ଗୋଲକର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଏହି ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱ ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ r ହେଉ ଓ ଏହି ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟଦେଇ ଗୋଟିଏ ଗସୀୟ ପୃଷ୍ଠତଳ (gaussian surface) ଅଙ୍କନ କରାଯାଉ । ଏହି ଗସୀୟ ଗୋଲକର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ$=4\pi r^2$ ଓ ତାହା ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଉଥିବା ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ$=KE4\pi r^2$ । ଗସଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ $KE4\pi r^2=4\pi Q$ କିନ୍ତୁ ଚାର୍ଜ Q ଗୋଲକ Aର ପୃଷ୍ଠଭାଗରେ ଅବସ୍ଥାନ କରେ ଓ ତେଣୁ ଗସୀୟ ପୃଷ୍ଠତଳ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ଚାର୍ଜ ନ ଥାଏ ଅର୍ଥାତ $Q=0$ ସୁତରାଂ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ଗୋଲକର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଭାଗରେ $E=0$ ।



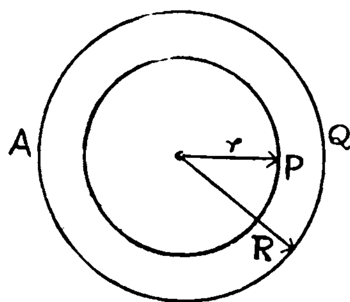
(ଚିତ୍ର ନଂ 6·5)

2. ସମଭାବରେ ଚାର୍ଜିତ ଅପରିବାହୀ ଗୋଲକ ଯୋଗୁଁ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା :

ମନେକର A ଏକ ସମଭାବରେ ଚାର୍ଜିତ ଅପରିବାହୀ ତରଳ ବା ଗ୍ୟାସୀୟ ପଦାର୍ଥର ଗୋଲକ (ଚିତ୍ର ନଂ 6·6) ଓ ତାହାର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଭାଗରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । ଏହି ଗୋଲକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ R ହେଉ ଓ ସେଥିରେ Q ପରିମାଣ ଚାର୍ଜ ରହୁ । ତେଣୁ ଏଠାରେ ଚାର୍ଜର ଘନ ସାନ୍ଦ୍ରତା (Volume density)

$$\rho = \frac{Q}{\frac{4}{3}\pi R^3}$$

କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ P ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱ ଯଦି r ହୁଏ ଓ ଏହି ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟଦେଇ ଯଦି ଗୋଟିଏ ଗସୀୟ ପୃଷ୍ଠତଳ ଅଙ୍କନ କରାଯାଏ ତାହା-



(ଚିତ୍ର ନଂ 6·6)

ହେଲେ ତାହାର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଭାଗରେ ଥିବା ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା E ଉପଜାତ ହେବ କିନ୍ତୁ ତାହାର ବହିର୍ଭାଗରେ ଅବସ୍ଥିତ ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା $E=0$ ହେବ । P ବିନ୍ଦୁର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଥିବା ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ $=\frac{4}{3}\pi r^3\rho$ । ଏଠାରେ ଗସୀୟ ପୃଷ୍ଠତଳର ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ $=KE4\pi r^2$; K= ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ।

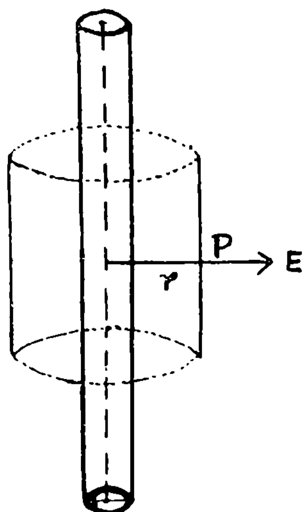
ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ $KE4\pi r^2 = 4\pi\left(\frac{4}{3}\pi r^3\rho\right)$

$$\therefore\quad E=\frac{\frac{4}{3}\pi r\rho}{K}=\frac{\frac{4}{3}\pi R^3\rho r}{KR^3}=\frac{Qr}{KR^3}\quad\cdots\quad\cdots\quad(6{\cdot}12)$$

ସୁତରାଂ ସମଭାବରେ ଚାର୍ଜିତ କୌଣସି ଅପରିବାହୀ ଗୋଲକ ଯୋଗୁଁ ତାହାର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ ସେହି ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ଏବଂ ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ରରେ ତାହା (ତୀବ୍ରତା) ଶୂନ୍ୟ ହେବ ।

3 ଚାର୍ଜିତ ସୁଦୀର୍ଘ ପରିବାହୀ ସିଲିଣ୍ଡର ନିକଟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା:

(a)—AB ଏକ ଚାର୍ଜିତ ସୁଦୀର୍ଘ ପରିବାହୀ (ଚିତ୍ର ନଂ 6·7) ସିଲିଣ୍ଡର । ଏହାର ଏକ ସେ:ମି: ପ୍ରତି ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ $+q$ ହେଉ । ଏହି ସିଲିଣ୍ଡରର ଅକ୍ଷଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । ସିଲିଣ୍ଡର ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଥିବା ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ K ହେଉ । P ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟଦେଇ ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଗୋଟିଏ ସମଅକ୍ଷୀୟ ଗସୀୟ ସିଲିଣ୍ଡର (Gaussian-cylinder) କଳ୍ପନା କରାଯାଉ । ସିଲିଣ୍ଡର ଗଠନର ସମମିତି (Symmetry) ଦୃଷ୍ଟିରୁ ତୀବ୍ରତାର ଦିଗ ସର୍ବଦା ଅରୀୟ (Radial) ହେବ ଅର୍ଥାତ୍ ସିଲିଣ୍ଡର ବକ୍ରତଳ ସହିତ ଲମ୍ବ ହେବ । ଏବଂ ଅକ୍ଷଠାରୁ ସମାନ ଦୂରତ୍ୱରେ ତୀବ୍ରତାର ମାନ ସମାନ ହେବ । ଏଠାରେ ସିଲିଣ୍ଡରର ଉପର ଓ ତଳ ପୃଷ୍ଠର ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ ଶୂନ୍ୟ; କେବଳ ପାର୍ଶ୍ୱ ଭାଗର ବକ୍ରତଳ (Cunved surface) ମଧ୍ୟ ଦେଇ ପ୍ରେରଣ ହେବ । କଳ୍ପିତ ଗସୀୟ ସିଲିଣ୍ଡରର ବକ୍ରତଳର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $=2\pi r$ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 6·7)

ସୁତରାଂ ଗସୀୟ ସିଲିଣ୍ଡର୍‌ର ବକ୍ରତଳ ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଉଥିବା ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ

$$KEds = KE\ 2\pi r$$

ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ $KE\ 2\pi r = 4\pi q$

$$\therefore\ E = \frac{2q}{Kr} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (6{\cdot}13)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା ଦୀର୍ଘ ଚାର୍ଜିତ ସିଲିଣ୍ଡର୍‌ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ । ତେଣୁ ଦୀର୍ଘ ସିଲିଣ୍ଡର ପରିବର୍ତ୍ତେ ଯଦି ଏକ ଦୀର୍ଘ ଓ ସଳଖ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ନିଆଯାଏ ତାହାହେଲେ ତୀବ୍ରତାର ଉପରୋକ୍ତ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି $\left(E = \frac{2q}{Kr}\right)$ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରଯୁଜ୍ୟ ହେବ ।

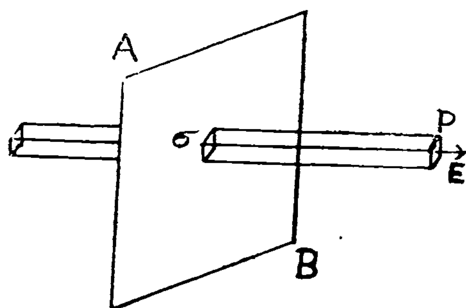
(b) ମନେକର P ବିନ୍ଦୁଟି ସିଲିଣ୍ଡର ପୃଷ୍ଠଭାଗର ଅତ୍ୟନ୍ତ ନିକଟତମ । ମନେକର ସିଲିଣ୍ଡର୍‌ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $= R$ ଓ ତାହାର ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠତଳ ସାନ୍ଦ୍ରତା $= \sigma$ । ତେଣୁ ସିଲିଣ୍ଡର୍‌ର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତି ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ

$$q = 2\pi R\sigma$$

$$\therefore\ E = \frac{2q}{KR} = \frac{4\pi R\sigma}{KR} = \frac{4\pi\sigma}{K} \quad \ldots \quad \ldots \quad (6{\cdot}14)$$

4. ସମତଳ ପାତ ଚାର୍ଜ (Plane sheet charge) ନିକଟରେ ତୀବ୍ରତା :

ମନେକର AB ବିଦ୍ୟୁତ ଚାର୍ଜର ଏକ (ଚିତ୍ର ନଂ 6·8) ଅସୀମ ସମତଳ ପାତ ଓ ତାହାର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପ୍ରତି ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ σ । ପାତଟି K ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ମାଧ୍ୟମରେ ଅବସ୍ଥିତ । ଏହି ପାତ ନିକଟରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । ପାତର ଗଠନରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ପାତ ନିକଟରେ ସବୁସ୍ଥାନ ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତାର ଦିଗ ପାତ ସମତଳ ସହିତ ଲମ୍ବ ହେବ । P ବିନ୍ଦୁରେ ପାତର ସମତଳ ସହିତ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ ୬·୪)

ଗୋଟିଏ ଏକକ ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ବିଶିଷ୍ଟ ପ୍ରିଜମ (Prism) କଳ୍ପନା କରାଯାଉ ଓ ଏହା ପାତର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଛେଦ କରିବ । ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତାର ଦିଗ ପାତ ସମତଳ ସହିତ ଲମ୍ବ ହୋଇଥିବାରୁ ପ୍ରିଜମର ପାର୍ଶ୍ୱଭାଗରୁ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ ଶୂନ୍ୟ ହେବ ଓ ତାହାର କେବଳ ପ୍ରାନ୍ତଭାଗରୁ ପ୍ରେରଣ ହେବ ।

ପ୍ରିଜମ ଭିତରେ ମୋଟ ଚାର୍ଜ $= \sigma$

$\therefore$ ଗସ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ $= 4\pi\sigma$

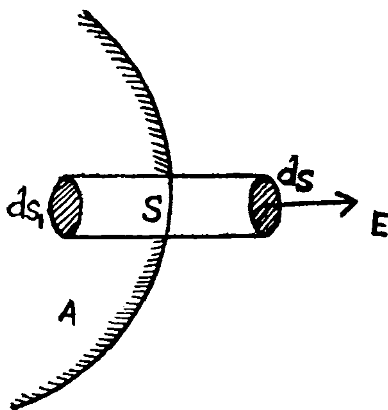
ପାତର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳର ଦୁଇପାର୍ଶ୍ୱରୁ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା କ୍ରିୟା କରୁଥିବାରୁ ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ $= KE \times$ ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $= 2KE$ ।

$$\therefore\ 2KE = 4\pi\sigma\ ;$$

$$\therefore\ F = \frac{2\pi\sigma}{K}\ , \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (6.15)$$

5. ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା ; କୁଲମ୍‌ଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ :

A ଏକ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ (ଚିତ୍ର ନଂ 6.9) ଓ ତାହାର ପୃଷ୍ଠଭାଗର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପ୍ରତି ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ σ । ମନେକର ଏହି ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀଟି K ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ମାଧ୍ୟମରେ ଅବସ୍ଥିତ । ପରିବାହୀ ପୃଷ୍ଠର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଂଶ Sରୁ ନିର୍ଗମ ହେଉଥିବା ଏକ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ବିଚାର କରାଯାଉ । ଏହି ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ପରିବାହୀ ଭିତରକୁ କିଛି ଅଂଶ ପ୍ରବେଶ କରିଥିବାର ଓ ପରିବାହୀ ବାହାରେ କିଛି ଅଂଶ ରହିଥିବାର କଳ୍ପନା କରାଯାଉ । *S*ର ଖୁବ୍ ନିକଟରେ ଏବଂ ତାହାର ଭିତର ଓ ବାହାର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ସମାନ ଦୂରତ୍ୱରେ ରେଖାଗୁଚ୍ଛକୁ ଲମ୍ବଭାବରେ ଛେଦ କରୁଥିବା ds_1 ଓ ds ଦୁଇଟି ସମତାଳ । ପରିବାହୀ ପୃଷ୍ଠ ସହିତ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ନିର୍ଗମ ହୁଏ । ତେଣୁ ds_1 ଓ ds ଦ୍ୱାରା ଆବଦ୍ଧ ରେଖାଗୁଚ୍ଛ ବା ସିଲିଣ୍ଡରର ବକ୍ରପାର୍ଶ୍ୱରୁ (ସିଲିଣ୍ଡରର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ) ଅଭି-ଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ ଶୂନ୍ୟ ହେବ । ପୁନଶ୍ଚ ପରିବାହୀର ପୃଷ୍ଠଭାଗରେ ଚାର୍ଜ ଅବସ୍ଥାନ କରୁ-



(ଚିତ୍ର ନଂ 6.9)

ଥିବାରୁ ds_1 ଉପରେ କୌଣସି ଚାର୍ଜ ରହିବ ନାହିଁ ଓ ତେଣୁ ds_1ରୁ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ ଶୂନ୍ୟ ; କେବଳ dsରୁ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ ହେବ । ଯେହେତୁ ds ସମତଳ Sର ଖୁବ୍ ନିକଟତମ ds ଉପରେ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ $=\sigma ds$

ଗସ୍ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ dsରୁ ମୋଟ ଅଭିଲମ୍ବ ପ୍ରେରଣ—

$$KEds = 4\pi\sigma ds$$

$$\therefore\ F = \frac{4\pi\sigma}{K} \text{ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ/ସେ: ମି:} \quad .... \quad .... \quad (6.16)$$

ଏବଂ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସ୍ଥାପନ $D = KE = 4\pi\sigma$

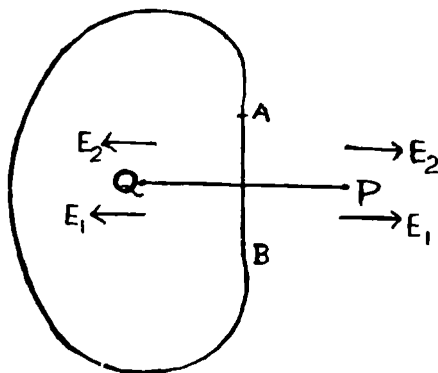
ବାୟୁ ବା ଶୂନ୍ୟ ମାଧ୍ୟମରେ $K = 1$ ଓ ତେଣୁ $E = 4\pi\sigma$

ସୁତରାଂ ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀର ପୃଷ୍ଠଭାଗର ଖୁବ୍ ନିକଟରେ ଅବସ୍ଥିତ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତାର $\frac{4\pi}{K}$ ଗୁଣ । ତୀବ୍ରତାର ଏହି ସମ୍ବନ୍ଧକୁ **କୁଲମ୍‌ଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ** କୁହାଯାଏ ।

$$\text{ମି: କି: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ } E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 K} \text{ ନିଉଟନ/କୁଲମ୍}$$

6. ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଯାନ୍ତ୍ରିକ ବଳ :

ମନେକର C ଏକ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ (ଚିତ୍ର ନଂ 6·10) ଓ ତାହାର ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା $=\sigma$ । ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀଟି ଯେଉଁ ମାଧ୍ୟମରେ ଅବସ୍ଥିତ ତାହାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ K ହେଉ । AB ଏହି ପରିବାହୀ ପୃଷ୍ଠର ଯେ କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ସମତଳ ଅଂଶ ଓ ତାହାର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $=ds$ । ଏହି କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଂଶର ଖୁବ୍ ନିକଟରେ ଏବଂ ତାହାର ଭିତର ଓ ବାହାର ପାର୍ଶ୍ୱରେ P ଓ Q ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ । P ଓ Q ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା ମନେକର E ଓ ଏହି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା ଆଂଶିକ ଭାବରେ dsର ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ଓ ଆଂଶିକ ଭାବରେ ପରି-



(ଚିତ୍ର ନଂ 6·10)

ବାହୀର ଅବଶିଷ୍ଟାଂଶ ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ଉପଜାତ ହୋଇଥାଏ । ମନେକର dsର ଚାର୍ଜ ଓ

ଅବଶିଷ୍ଟାଂଶ ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ P ଓ Q ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ଯଥାକ୍ରମେ E_1 ଓ E_2 । P ବିନ୍ଦୁରେ E_1 ଓ E_2ର ଦିଗ ସମାନ ।

ସୁତରାଂ P ବିନ୍ଦୁରେ $E = E_1 + E_2 = \frac{4\pi\sigma}{K}$;

(କୁଲମଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ଅନୁଯାୟୀ)

Q ବିନ୍ଦୁରେ E_1 ଓ E_2ର ଦିଗ ବିପରୀତ । ପୁନଶ୍ଚ ଏହି ବିନ୍ଦୁଟି ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଅବସ୍ଥିତ ଓ ତେଣୁ ସେଠାରେ ତୀବ୍ରତା ଶୂନ୍ୟ । ତେଣୁ Q ବିନ୍ଦୁରେ—

$$E = E_2 - E_1 = 0 ;$$

$$\therefore \quad E_1 = E_2$$

$\therefore$ P ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା $E = 2E_2$

$$= \frac{4\pi\sigma}{K} \quad \ldots \quad \ldots \quad (6{\cdot}17)$$

$$\therefore \quad E_2 = \frac{2\pi\sigma}{K}$$

dsରେ ଥିବା ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ $= \sigma ds$ । ଯଦି ds ଅଂଶକୁ ସମଗ୍ର ପୃଷ୍ଠରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ମନେ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ପରିବାହୀର ଅବଶିଷ୍ଟାଂଶ ଚାର୍ଜର ତୀବ୍ରତା E_2 ଯୋଗୁଁ σds ଚାର୍ଜ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ

ଯାନ୍ତ୍ରିକ ବଳ = ଚାର୍ଜ × ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା

$$= \sigma ds \times E_2 = \sigma ds \times \frac{2\pi\sigma}{K}$$

$$= \frac{2\pi\sigma^2}{K} \times ds$$

$\therefore$ ପୃଷ୍ଠର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ (ବା ପ୍ରତିବଳ)

$$F = \frac{2\pi\sigma^2}{K} \text{ ଡାଇନ୍/ସେ:ମି:} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots\ldots (6{\cdot}18)$$

ମି: କି: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ $E = \frac{2\pi\sigma^2}{4\pi\epsilon_0 K} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 K}$ ନିଉଟନ୍/ମିଟର୍^{2}

σ^2 ସର୍ବଦା ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ । ସୁତରାଂ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀର ପୃଷ୍ଠଭାଗର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅଂଶରେ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।

କୁଲମ୍‌ଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ଅନୁଯାୟୀ $E=\frac{4\pi\sigma}{K}$ ବା $\sigma=\frac{EK}{4\pi}$

ତେଣୁ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପାଇଁ ବାହ୍ୟ ଦଗରେ

କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ ବା ଚାପ$=\frac{2\pi\sigma^2}{K}$

$$=\frac{2\pi}{K}\left(\frac{KE}{4\pi}\right)^2=\frac{KE^2}{8\pi}$$ ଡାଇନ୍/ସେ:ମି:^{2} ··· ··· ··· (6·14)

ସୁତରାଂ **ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀର ପୃଷ୍ଠଭାଗରେ ତାହାର ସମତଳ ସହିତ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ବାହାର ଆଡ଼କୁ ପ୍ରତିବଳ ବା ଚାପ** $=\frac{2\pi\sigma^2}{K}$ **କିମ୍ବା** $\frac{KE^2}{8\pi}$ **ଡାଇନ୍ ସେ: ମି:**^{2} **।**

[ବାୟୁରେ σ ର ସର୍ବାଧିକ ମାନ 8 ସେ: ଗ୍ରା: ସେ: ଏକକ/ସେ:ମି:^{2} ତେଣୁ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପାଇଁ ବଳ$=\frac{2\pi\sigma^2}{K}=\frac{2\pi\times 8^2}{1}=400$ ଡାଇନ/ସେ:ମି:^{2}

ଯଦି σ ର ମାନ ଉପରୋକ୍ତ ମାନଠାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଚାର୍ଜର କ୍ଷରଣ (Leakage) ହୁଏ ।

6 (a)—ଚାର୍ଜିତ ସାବୁନ ପାଣିର ବୁଦ୍‌ବୁଦ (*E*lectrical soap-bubble) :—

ଗୋଟିଏ ସାବୁନପାଣିର ବୁଦ୍‌ବୁଦକୁ ଚାର୍ଜ କଲେ ତାହାର ଆକାର ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ । ଏହା ଚାର୍ଜିତ ପଦାର୍ଥର ବାହ୍ୟ ଦଗରେ ବାସ୍ତବିକ୍ ଚାପ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବିଷୟ ଦର୍ଶାଇଥାଏ ।

ଯଦି ବୁଦ୍‌ବୁଦର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ଓ ସାବୁନପାଣିର ପୃଷ୍ଠତାନ (Surface-tension) T ହୁଏ ତାହାହେଲେ ବୁଦ୍‌ବୁଦ ଭିତରେ ଅତିରିକ୍ତ (*E*xcess) ଚାପ

$$p=\frac{4T}{r}$$

ମନେକର ବୁଦ୍‌ବୁଦର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ q

$\therefore$ ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠ ସାନ୍ଦ୍ରତା $\sigma=\frac{q}{4\pi r^2}$

ଏହି ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ବୁଦ୍‌ବୁଦର ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା

$$\text{ଚାପ} = 2\pi\sigma^2 = 2\pi\frac{q^2}{16\pi^2 r^4} = \frac{q^2}{8\pi r^4}$$

∴ ବୁଦ୍‌ବୁଦ ଭିତରେ ମୋଟ ଅଧିକନ୍ତୁ ଚାପ

$$p + \frac{q^2}{8\pi r^4} = \frac{4T}{r}$$

$$\therefore \quad p = \frac{4}{r}\left(T - \frac{q^2}{32\pi r^3}\right) \quad \cdots \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots \quad (6 \cdot 19)$$

ସୁତରାଂ ବୁଦ୍‌ବୁଦକୁ ଚାର୍ଜ କଲେ ପୃଷ୍ଠତାନର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ମାନ ହ୍ରାସ ପାଏ ଓ ଫଳରେ ବୁଦ୍‌ବୁଦର ଆକାର ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ।

$$\text{ଯଦି } p = 0, \; \frac{4T}{r} = \frac{q^2}{8\pi r^4}$$

$$q = \sqrt{32\,T\pi^3} \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots \quad \cdots (6 \cdot 20)$$

ଉଦାହରଣ (1) 2 ଗ୍ରାମ୍ ସୁନାରୁ 100 ବର୍ଗ ସେ:ମି:ର ଏକ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଛି । ଏହି ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଂଶ ଯଦି ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀ ଉପରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ କ୍ଷୁଦ୍ର ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରକୁ ଠିକ୍ ଉତ୍ତୋଳନ କରିବା ପାଇଁ ପରିବାହୀ ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠମାତ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ମନେକର ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରର ଏକ ବର୍ଗ ସେ:ମି: ପରିବାହୀ ଉପରେ ସ୍ଥିତ

$$\therefore \quad 2\pi\sigma^2 = mg = \frac{2}{100} \times ୯୮୦$$

$$\sigma^2 = \frac{980}{100 \times \pi}$$

∴ $\sigma = 1 \cdot 7$ ସ୍ଥି: ବୈ: ଏକକ ସେ:ମି:^{2}

(2)—ଏକ ସାବୁନପାଣି ବୁଦ୍‌ବୁଦର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 5 ସେ:ମି: ଓ ତାହାକୁ 10 ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱାରା ଚାର୍ଜିତ କରାଗଲା । ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ବୁଦ୍‌ବୁଦର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ବୃଦ୍ଧି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ $= 10^6$ ଡାଇନ୍/ସେ:ମି:^{2})

ବୁଦ୍‌ବୁଦର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $r = 5$ ସେ:ମି:

ଚାର୍ଜ $q = 10$ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ

$p = 10^6$ ଡାଇନ୍/ସେ:ମି:^{2}

ବୟେଲସଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ $pv = K$

ବା $p\left(\frac{4}{3}\pi r^3\right) = K$

ଲଗାରିଥମ୍ ନେଇ ଓ ଅବକଳନ କର

$$\frac{dp}{p} + 3\frac{dr}{r} = 0$$

$$\frac{dr}{r} = -\frac{1}{3}\frac{dp}{p} \; ; \; dr = -\frac{rdp}{3p}$$

ଚାର୍ଜ ପାଇଁ ଚାପର ପରିବର୍ତ୍ତନ

$$-dp = 2\pi\,\sigma^2 = 2\pi\left(\frac{q}{4\pi r^2}\right)^2 = \frac{q^2}{8\pi r^4}$$

$$\therefore \; dr = \frac{r}{3_p} \times \frac{q^2}{8\pi r^4} = \frac{q^2}{24\pi r^3 p}$$

$$\frac{10^2}{24\pi\, 5^3 \times 10^6} = \frac{10^{-7}}{3\pi} \text{ ସେ:ମି:}$$

(3) ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ସାବୁନ ପାଣି ବୁଦ୍‌ବୁଦର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 1 ସେ:ମି: । ବୁଦ୍‌ବୁଦର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଓ ବାହ୍ୟ ଚାପ ଯଦି ସମାନ ହୁଏ ଓ ସାବୁନପାଣିର ପୃଷ୍ଠତାନ ଯଦି 30 ଡାଇନ୍/ସେ: ମି: ହୁଏ ତାହାହେଲେ ବୁଦ୍‌ବୁଦର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ମନେକର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ $= q$ ଓ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $= r = 1$ ସେ: ମି:

ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା $\sigma = \frac{q}{4\pi r^2} = \frac{q}{4\pi}$

ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ଚାପ $= 2\sigma\pi^2 = 2\pi\frac{q^2}{16\pi^2} = \frac{q^2}{8\pi}$

$$p + \frac{q^2}{8\pi} = \frac{4T}{r},$$

$\because$ $P = O$, ତେଣୁ $\frac{q^2}{8\pi} = \frac{4 \times 30}{1}$

$\therefore$ $q = 4 \times 30 \times 8\pi$ $= 3\sqrt{15 \times \pi}$

$= 54.88$ ଷ୍ଟି: ବୈ: ଏକକ ।

(4)—ଗୋଟିଏ ସାବୁନ ବୁଦ୍‌ବୁଦର ପୃଷ୍ଠଟାନ T ଓ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r । ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ ଯଦି P ହୁଏ, ଏହି ବୁଦ୍‌ବୁଦର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ହେବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ମନେକର ବୁଦ୍‌ବୁଦ ଭିତରେ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ମୋଟ ବାୟୁଚାପ $= P_1$

ସୁତରାଂ $P_1 = P + \frac{4T}{r}$

ଚାର୍ଜିତ ହେବା ଫଳରେ ଯଦି ବୁଦବୁଦର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ହୁଏ ତାହା ହେଲେ ତାହାର ଆୟତନ 8 ଗୁଣ ହେବ । ଏହାଫଳରେ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ବାୟୁଚାପ 8 ଗୁଣ ହ୍ରାସ ପାଇବ ଅର୍ଥାତ୍ ତାହା $\frac{P_1}{8}$ ହେବ । ବୁଦ୍‌ବୁଦର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ ଯଦି q ହୁଏ ତାହାହେଲେ ବୃଦ୍ଧିପ୍ରାପ୍ତ ବୁଦ୍‌ବୁଦର ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା

$$\sigma = \frac{q}{4\pi(2r)^2} = \frac{q}{16\pi r^2}$$

$\therefore$ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଚାପ—$2\pi\sigma^2 = 2\pi\left(\frac{q}{16\pi r^2}\right)^2 = \frac{q^2}{128\pi r^4}$

ସୁତରାଂ ଚାର୍ଜ କରିବାଦ୍ୱାରା ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍‌ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବୃଦ୍ଧିପ୍ରାପ୍ତ ହୋଇ ଯେତେବେଳେ $2r$ ହୁଏ ସେତେବେଳେ

$$\frac{P_1}{8} + \frac{Q^2}{128\pi r^4} = P + \frac{4T}{2r}$$

ବା $$\frac{q^2}{128\pi r^4} = P + \frac{4T}{2r} - \frac{P_1}{8}$$

ବା $$\frac{q^2}{128\pi r^4} = P + \frac{4T}{2r} - \frac{P}{8} - \frac{4T}{8r}$$

ବା $$\frac{q^2}{16\pi r^4} = 7P + \frac{12T}{r}$$

ବା $\frac{q^2}{16\pi r^3} = 7Pr + 12T$

ବା $q^2 = 16 [\pi r^3 (7Pr + 12T)]$

$\therefore\ q = 4[\pi r^3 (7Pr + 12T)]^{\frac{1}{2}}$

7. ଚାର୍ଜିତ କଣିକା ଉପରେ ମେଘ ସୃଷ୍ଟି :

ପୃଷ୍ଠତାନ ଯୋଗୁଁ କୌଣସି ଜଳ ବିନ୍ଦୁର ପୃଷ୍ଠ ଭାଗରେ ଭିତର ଦିଗରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ଚାପ$=\frac{2T}{r}$ । ଏଠାରେ T = ପୃଷ୍ଠତାନ ଓ r = ଜଳ ବିନ୍ଦୁର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ । ଏହି ଚାପଯୋଗୁଁ ଜଳବିନ୍ଦୁ ସଙ୍କୁଚିତ ହୁଏ । r ଖୁବ୍ କ୍ଷୁଦ୍ର ହେଲେ ଭିତର ଦିଗରେ ଚାପ ଅଧିକ ହୁଏ ଓ ଘନୀକରଣଦ୍ୱାରା ଜଳବିନ୍ଦୁ ରଚିତ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ଯଦି ଧୂଳିକଣା ଥାଏ ତାହାହେଲେ ତାହା ଜଳବିନ୍ଦୁର ରଚନା ପାଇଁ ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟସ୍ ଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ତାହା ଉପରେ ଜଳବିନ୍ଦୁ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ଯଦି ଧୂଳିକଣା ନ ଥାଏ ତାହାହେଲେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଚାର୍ଜିତ କଣିକା ଉପରେ ମଧ୍ୟ ଜଳବିନ୍ଦୁ ରଚିତ ହୋଇପାରେ । କୁଲମ୍ ଉପପାଦ୍ୟ ଅନୁଯାୟୀ ଚାର୍ଜିତ କଣିକାର ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ଚାପ $= 2\pi\sigma^2 = \frac{q^2}{8\pi r^4}$ ।

ତେଣୁ ଜଳବିନ୍ଦୁକୁ ସଙ୍କୁଚିତ କରୁଥିବା ଚାପର ପରିମାଣ

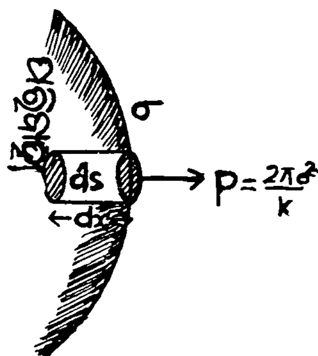
$$= \frac{2T}{r} - \frac{q^2}{8\pi r^4} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (6.20)$$

ଯଦି $\frac{q^2}{8\pi r^4} > \frac{2T}{r}$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଜଳବିନ୍ଦୁ ସଙ୍କୁଚିତ ହେବା ପରିବର୍ତ୍ତେ ଆକାରରେ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ଓ ତେଣୁ ଜଳବିନ୍ଦୁ ରଚିତ ହେବା ସମ୍ଭବ । ସି. ଟି. ଆର. ୱିଲସନ୍ ମେଘ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ ଚାର୍ଜିତ କଣିକା ଉପରେ ଅତିରିକ୍ତ ସନ୍ତୃପ୍ତ ଜଳୀୟ ବାଷ୍ପ ଘନୀକରଣ କରାଇ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ଚାର୍ଜ ମାପ କରିଥିଲେ ଏବଂ ଚାର୍ଜିତ α ବା β କଣିକା ବା ବିଶ୍ୱରଶ୍ମି (Cosmic ray)ର ପଥ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିଥିଲେ ।

୪ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତି :

ବୈଜ୍ଞାନିକ ଫାରାଡ଼େଙ୍କ କଳ୍ପନା ଅନୁଯାୟୀ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ମାଧ୍ୟମରେ ସ୍ଥାପିତ ଏକ ପରିବାହୀ ପଦାର୍ଥକୁ ଚାର୍ଜ କଲେ ତାହାଦ୍ୱାରା ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରର ଶକ୍ତି ସେହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ମାଧ୍ୟମରେ ସଞ୍ଚିତ ହୋଇ ରହେ । ମନେକର ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ K ଓ ପରିବାହୀରେ ଥିବା ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା = σ । ପୂର୍ବ ଅନୁଚ୍ଛେଦ ଅନୁଯାୟୀ ପରିବାହୀ ପୃଷ୍ଠର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଉପରେ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ $=\dfrac{2\pi\sigma^2}{K}$ । ପୁନଶ୍ଚ କୁଲମ୍ବଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ ଅନୁଯାୟୀ ପରିବାହୀର ପୃଷ୍ଠ ନିକଟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $E=\dfrac{4\pi\sigma}{K}$ ବା $\sigma=\dfrac{KE}{4\pi}$

$$\therefore \text{ ବଳ}=\frac{2\pi}{K}\left(\frac{KE}{4\pi}\right)^2=\frac{KE^2}{8\pi}$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 6·11)

ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ପୃଷ୍ଠର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରର ବିପରୀତ (ଚିତ୍ର ନଂ 6·11) ଦିଗରେ dx ଦୂରତ୍ୱ ଅପସାରିତ ହେବାର ଯଦି କଳ୍ପନା କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ସେଥିପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ

$$W_1=\text{ବଳ}\times\text{ଦୂରତ୍ୱ}$$
$$=\frac{KE^2}{8\pi}\times dx$$

ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ dx ଅପସାରିତ ହେଲେ ତାହା ଯେଉଁ ଘନକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ତାହାର ଆୟତନ$=dx\times 1=dx$ । ତେଣୁ dx ଆୟତନ ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟ ପରିମାଣ $=\dfrac{KE^2}{8\pi}dx$ । ସୁତରାଂ ଏକକ ଆୟତନ ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟ ବା ଶକ୍ତି

$$W=\frac{KE^2}{8\pi}\text{ ଅର୍ଗ/ଘନ ସେ: ମି:} \quad \cdots \quad \cdots \quad (6{\cdot}21)$$

ଏହି ଶକ୍ତି ମାଧ୍ୟମର ଏକକ ଆୟତନ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିତିଜଶକ୍ତି ଭାବରେ ସଞ୍ଚିତ ହୋଇ ରହେ ।

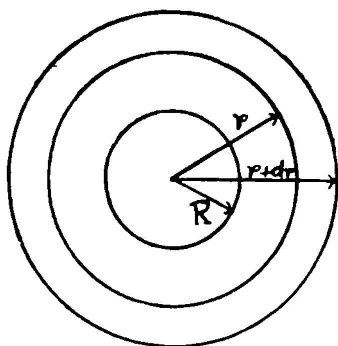
[ମି: କ: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ ଏକକ ଆୟତନ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ

$$= \frac{\in_0 KE^2}{2} \text{ ଜୁଲ୍/ମିଟର}^2]$$

6·4 ଗ୍ଥିତ ଗୋଲକାର ପରିବାହୀ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱସ୍ଥ ମାଧ୍ୟମରେ ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତି :

ମନେକର ଗ୍ଥିତ ଗୋଲକାର ପରିବାହୀର (ଚିତ୍ର ନଂ 6·12) ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ R ଓ ତାହାର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱସ୍ଥ ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ K । ଗୋଲକର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱସ୍ଥ ମାଧ୍ୟମରେ r ଓ $r+dr$ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସକେନ୍ଦ୍ରୀ କବଚ (Shell) ବିଚାର କରାଯାଉ । ଏହି କବଚରେ ଆୟତନ

$$v = \frac{4}{3}\pi\left[(r+dr)^3 - r^3\right] = 4\pi r^2 dr$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 6·12)

ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ମାଧ୍ୟମର ଏକକ ଆୟତନରେ ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତି

$$= \frac{KE^2}{8\pi} \text{ ଅର୍ଗ}$$

∴ କବଚ ମଧ୍ୟରେ ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତି

$$= \frac{KE^2}{8\pi} \times 4\pi r^2 dr = \frac{KE^2}{2} r^2 dr$$

କାରଣ $E = \frac{q}{Kr^2}$;

ସୁତରାଂ କବଚର ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତି

$$= \frac{K}{2} \times \frac{q^2}{K^2 r^4} \times r^2 dr$$

$$= \frac{q^2}{2K} \times \frac{dr}{r^2}$$

∴ ଗ୍ଥିତ ଗୋଲକର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ସମଗ୍ର ମାଧ୍ୟମରେ ମୋଟ ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତି

$$= \int_R^\infty \frac{q^2}{2K} \times \frac{dr}{r^2} = \frac{q^2}{2K} \int_R^\infty \frac{dr}{dr^2}$$

$$= \frac{q^2}{2K}\left[-\frac{1}{r}\right]_R^\infty = \frac{q^2}{2KR} \text{ ଅର୍ଗ} \quad \cdots \quad \cdots \qquad (6 \cdot 22)$$

ଯଦି $K=1$ ହୁଏ, ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ $= \frac{q^2}{2R}$ ଅର୍ଗ

6·5 ବୈଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅବସ୍ଥିତ ଅଣଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ :

ମନେକର କୌଣସି ଚାର୍ଜ $+q$ ଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ଗୋଟିଏ ଅଣଚାର୍ଜିତ ଗୋଲକାକାର ପରିବାହୀ A (ଚିତ୍ର ନଂ 6·13) ସ୍ଥାପିତ । ଏହି ପରିବାହୀର ଆୟତନ v ହେଉ । ଯଦି ଚାର୍ଜ qର ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ପରିବାହୀ ଉପସ୍ଥିତି ଯୋଗୁଁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉ ନ ଥିବାର ଅନୁମାନ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ସେଠାରେ ପରିବାହୀ ସ୍ଥାପିତ ହେବା ପୂର୍ବରୁ ଓ ପରେ ସମାନ ହେବ ।

P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

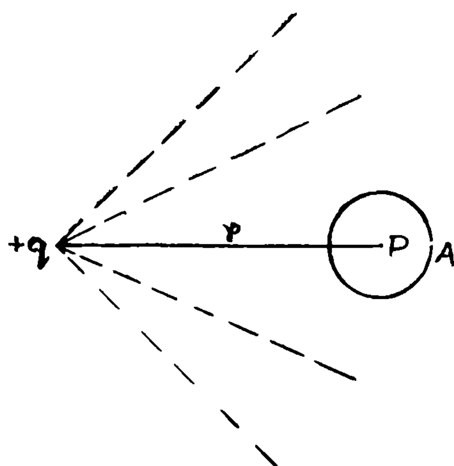
$$E = \frac{q}{Kr^2}$$

ସୁତରାଂ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି

$$W = \frac{KE^2}{8\pi} \times v$$

$$= \frac{K}{8\pi} \times \frac{q^2}{K^2 r^4} \times v$$

$$= \frac{q^2 v}{8\pi K r^4} \text{ ଅର୍ଗ}$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 6·13)

ଗୋଲକ A ଉପରେ ବଳ F ପ୍ରୟୋଗ କରି ତାହାକୁ q ଚାର୍ଜ ଆଡ଼କୁ dr ଦୂରତ୍ୱ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କଲେ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ

$$dW = -F\,dr$$

$$\therefore \; F = -\frac{dW}{dr} = -\frac{d}{dr}\left(\frac{q^2 v}{8\pi K r^4}\right)$$

$$= \frac{q^2 v}{2\pi K r^5} \text{. ଡାଇନ୍} \qquad .... \qquad .... \qquad (6.23)$$

ସୁତରାଂ v ଆୟତନ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଆଣଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିଲେ ତାହା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ $= \frac{q^2 v}{2\pi K r^5}$ ଡାଇନ୍ ।

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1 'ଗସ୍'ଙ୍କ ନିୟମ ଉଲ୍ଲେଖ କର ଓ ତାହା ପ୍ରମାଣ କର । ଏହି ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ସମଭାବରେ ଚାର୍ଜିତ ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀ ଗୋଲକ ଯୋଗୁଁ ବାହ୍ୟ ଓ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

2. 'ଗସ୍'ଙ୍କ ନିୟମ ଉଲ୍ଲେଖ କର ଏବଂ ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଦର୍ଶାଅ ଯେ ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ଗୋଲକର କୌଣସି ବାହ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ଏପରି ଭାବରେ କ୍ରିୟା କରେ ଯେପରିକି ଗୋଲକର ପୃଷ୍ଠଭାଗର ସମସ୍ତ ଚାର୍ଜ ତାହାର କେନ୍ଦ୍ରରେ କେନ୍ଦ୍ରୀଭୂତ ହୋଇଛି ।

3. 'ଗସ'ଙ୍କ ନିୟମ ଉଲ୍ଲେଖ କର ଓ ଏହାର ପ୍ରୟୋଗରେ ଗୋଟିଏ ସୁଦୀର୍ଘ ଚାର୍ଜିତ ସିଲିଣ୍ଡରର ଅକ୍ଷଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

4. 'ଗସ'ଙ୍କ ନିୟମ ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ନିଷ୍ଠର ଖୁବ୍ ନିକଟରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

5. କୌଣସି ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ପୃଷ୍ଠର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳର ପରିମାଣ ସୂଚକ ଏକ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ନିର୍ଗମନ କର ।

6 'ଗସ'ଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ସମତଳ ପରିବାହୀ ନିକଟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

7. କୌଣସି ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ବିଦ୍ୟୁତ ପାରକ ମାଧ୍ୟମରେ **(Dielectric medium)** ଏକକ ଆୟତନ ମଧ୍ୟରେ ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ସୂଚକ ଏକ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତି ନିର୍ଗମନ କର ।

8. ଗୋଟିଏ ସାବୁନ ପାଣି ବୁଦବୁଦର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 4 ସେ. ମି. । ତାହାକୁ 8 ଷ୍ଟାଟକୁଲମ ଚାର୍ଜଦ୍ୱାରା ଚାର୍ଜିତ କରାଗଲେ ତାହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ବୃଦ୍ଧି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଚାପ $= 10^6$ ଡାଇନ/ସେ.ମି.^{2}) [$1{\cdot}33 \times 10^{-8}$ ସେ.ମି.]

9. ଗୋଟିଏ ସାବୁନ ପାଣି ବୁଦବୁଦର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 0·5 ସେ ମି. । ଆକାରର ବିନା ବୃଦ୍ଧିରେ ବୁଦବୁଦର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଓ ବାହ୍ୟ ବାୟୁଚାପ ସମାନ ହେବାପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ସାବୁନ ପାଣିର ପୃଷ୍ଠତାନ = 30 ଡାଇନ/ସେ.ମି.) (ଉ—13·7 ଷ୍ଟାଟକୁଲମ)

10. ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ସାବୁନ ପାଣି ବୁଦବୁଦର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 1 ସେ.ମି. ଓ ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ 40 ଷ୍ଟାଟକୁଲମ । ସାବୁନ ପାଣିର ପୃଷ୍ଠତାନ ଯଦି 30 ଡାଇନ/ସେ ମି. ହୁଏ ତାହାହେଲେ ବୁଦବୁଦର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଭାଗର ଅତିରିକ୍ତ ବାୟୁଚାପ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
(ଉ—56·3 ଡାଇନ/ସେ.ମି.)

ସପ୍ତମ ଅଧ୍ୟାୟ

ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ
(Electrostatic Potential)

7.1 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ :

କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗୋଟିଏ ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାପନ କଲେ ତାହା ଉପରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଦିଗରେ ଏକ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜଟିକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଆଣିବାକୁ ହେଲେ କିଛି କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାକୁ ହୁଏ ଓ ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ଚାର୍ଜର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତିଭାବରେ ସଞ୍ଚିତ ହୋଇରହେ । ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜଟି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥିଲେ ତାହା ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଦିଗରେ ଗତି କରିବ ଓ ଏହି ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତି ଚାର୍ଜର ଗତି ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇବ । କୌଣସି ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର ଥାଏ ତାହାର ତୀବ୍ରତା ଅସୀମ ଦୂରତ୍ୱରେ ଶୂନ୍ୟ ବୋଲି ଧରାଯାଏ ।

ଅସୀମ ଦୂରତ୍ୱରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରସ୍ଥ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁକୁ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଯୁକ୍ତଚାର୍ଜ ଆଣିବା ପାଇଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ ଦିଗରେ ବା ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଯେଉଁ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଏ ତାହାକୁ ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁର "ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ କୁହାଯାଏ ।

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବର ଦିଗ ନାହିଁ, କେବଳ ପରିମାଣ ଅଛି । ସୁତରାଂ ଏହା ଏକ ସ୍କାଲର **ରାଶି** । ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରସ୍ଥ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁରେ ଅବସ୍ଥିତ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ସହିତ ସମାନ । ଅସୀମ ଦୂରତ୍ୱରୁ କୌଣସି ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ପୃଷ୍ଠର ଖୁବ୍ ନିକଟକୁ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ଆଣିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟକୁ ଉକ୍ତ **ପରିବାହୀର ବିଭବ** କୁହାଯାଏ ।

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବର ଉପରୋକ୍ତ **ସଂଜ୍ଞାରୁ** କୁହାଯାଇ ପାରେ **ଯେ, ଗୋଟିଏ** ଏକକ ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରସ୍ଥ କୌଣସି ଏକ ବିନ୍ଦୁରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ **ବିଭବାନ୍ତର**

ଯେବେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରସ୍ଥ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ **+q** ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରିବା ପାଇଁ **W** କାର୍ଯ୍ୟ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର $V=\frac{W}{+q}$ ... ... (7.1)

7·2 ବିଭବାନ୍ତର ଏକକ :

(i) ସେ: ଗ୍ରା: ସେ: ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ :—କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁକୁ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ ଚାର୍ଜ ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ଷ୍ଟାଟ୍‌କୁଲମ୍ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରିବା ପାଇଁ ଯଦି ଏକ ଅର୍ଗ କାର୍ଯ୍ୟ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ସେହି ବିନ୍ଦୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ଏକ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ ହୁଏ । ଏହି ଏକକକୁ ଏକ **ଷ୍ଟାଟ୍‌ଭୋଲଟ୍** କୁହାଯାଏ ।

$$\text{ସୁତରାଂ ଏକ ଷ୍ଟାଟ୍‌ଭୋଲଟ୍} = \frac{\text{ଏକ ଅର୍ଗ}}{\text{ଏକ ଷ୍ଟାଟ୍‌କୁଲମ୍}}$$

(ii) ମି: କି: ସେ: ବା ବ୍ୟବହାରିକ ଏକକ :—କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ବିନ୍ଦୁରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁକୁ ଏକ କୁଲମ୍ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରିବା ପାଇଁ ଯଦି ଏକ 'ଜୁଲ୍' (Joule) କାର୍ଯ୍ୟ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ଏକ ମି: କି: ସେ: ହୁଏ । ଏହି ଏକକକୁ ଏକ **ଭୋଲଟ୍** (Volt) କୁହାଯାଏ ।

$$\text{ସୁତରାଂ ଏକ ଭୋଲଟ୍} = \frac{\text{ଏକ ଜୁଲ୍}}{\text{ଏକ କୁଲମ୍}}$$

ଉଭୟ ଏକକର ସମ୍ବନ୍ଧ :

$$\text{ଏକ ଭୋଲଟ୍} = \frac{\text{ଏକ ଜୁଲ୍}}{\text{ଏକ କୁଲମ୍}} = \frac{10^7 \text{ ଅର୍ଗ}}{3\times10^9 \text{ ଷ୍ଟାଟ୍‌କୁଲମ୍}}$$

$$= \frac{\text{ଏକ ଅର୍ଗ}}{3\times10^2 \text{ ଷ୍ଟାଟ୍‌କୁଲମ୍}} = \frac{1}{300} \text{ ଷ୍ଟାଟ୍‌ଭୋଲଟ୍}$$

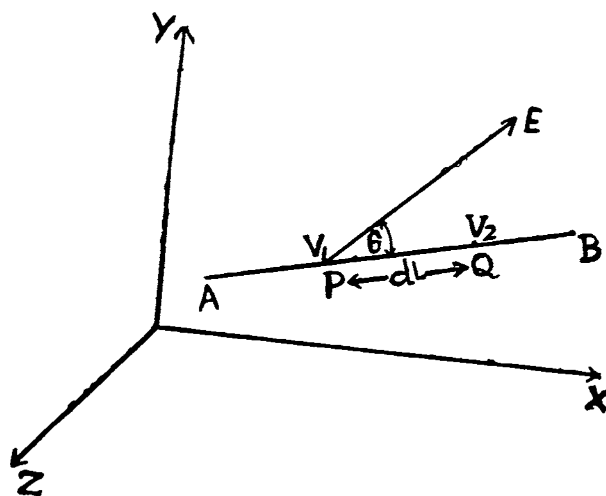
ବିଭବର ଏକକ :—ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରସ୍ଥ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକକ ଚାର୍ଜର ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ସହିତ ସମାନ ହୋଇଥିବାରୁ

$$\text{ବିଭବ } V = \frac{\text{ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି}}{\text{ଚାର୍ଜ}} = \frac{W}{+q} \qquad \cdots \qquad (7\cdot2)$$

ସମୀକରଣ (7·1) ଓ (7.2) ସମାନ ହୋଇଥିବାରୁ ବିଭବକୁ ମଧ୍ୟ ବିଭବାନ୍ତରର ଏକକ ଦ୍ୱାରା ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ତେଣୁ **ବିଭବର** ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ ଏକ **ଷ୍ଟାଟ୍‌ଭୋଲଟ୍** ଓ ମି: କି: ସେ: ଏକକ ଏକ **ଭୋଲଟ୍** ଅଟେ ।

7.3 ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଓ ବିଭବ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ବନ୍ଧ :

ମନେକର କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 7.1) P ଓ Q ଦୁଇଟି ପରସ୍ପର ନିକଟତମ ବିନ୍ଦୁ ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ dl । P ଓ Q ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 7.1)

କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତାର ହାରାହାରି ମାନ E ଧରାଯାଉ ଓ ତାହାର ଦିଗ PQ ସରଳରେଖା ସହିତ କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରୁ । ସୁତରାଂ PQ ଦିଗରେ ତୀବ୍ରତାର ମାନ $E\cos\theta$ । ଯଦି P ଓ Q ବିନ୍ଦୁର ବିଭବ ଯଥାକ୍ରମେ V_1 ଓ V_2 ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଉକ୍ତ ବିନ୍ଦୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର $V_1 - V_2 = dV$ । ସଜ୍ଞା ଅନୁଯାୟୀ ଏହା

Q ବିନ୍ଦୁରୁ P ବିନ୍ଦୁ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତୀବ୍ରତାର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ଆଣିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ସହିତ ସମାନ । ଏହି କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ

$= -$ (ଏକକ ଚାର୍ଜ ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ $\times$ ଦୂରତ୍ୱ)

$= -E \cos\theta \times dl$

ଏଠାରେ ବିଯୁକ୍ତ ଚିହ୍ନର ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ ହେଉଛି ବିସ୍ଥାପନ dl କୁ ତୀବ୍ରତା $\mathrm{E}\cos\theta$ ର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ନିଆଯାଇଛି ।

$$\therefore\ dV = -\mathrm{E}\cos\theta \times dl$$

ବା $$E\cos\theta = -\frac{dV}{dl} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (7\cdot3)$$

l ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲେ Vର ମାନ ହ୍ରାସ ପାଇବା ବିଷୟ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣର ବିଯୁକ୍ତ ଚିହ୍ନ ସୂଚାଉଛି ।

ଯେତେବେଳେ $\theta = 0$, ଅର୍ଥାତ୍ $\cos\theta = 1$, ସେତେବେଳେ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣର ବାମପାର୍ଶ୍ୱ ସର୍ବାଧିକ, ଅର୍ଥାତ୍ ତୀବ୍ରତା ଦିଗରେ

$$E = -\frac{dV}{dl}$$

ସୁତରାଂ ତୀବ୍ରତା ଦିଗରେ ବିଭବ ଖୁବ୍ ଦ୍ରୁତ ହ୍ରାସ ପାଏ ।

x, y ଓ z ସମକୋଣୀୟ ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ dl ର ସଂଯୋଜକ ପଦ ଯଥାକ୍ରମେ dx, dy ଓ dz ହୁଏ ଓ ତୀବ୍ରତା Eର ସଂଯୋଜକ ପଦ Ex, Ey ଓ Ez ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$Ex = -\frac{dV}{dx}\ ,\ Ey = -\frac{dV}{dy}\ ଓ\ Ez = -\frac{dV}{dz}$$

$$\therefore\ \mathrm{E} = -\left(\frac{dV}{dx} + \frac{dV}{dy} + \frac{dV}{dz}\right)$$

$$= -\mathrm{grad}\ V = -\nabla V \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (7\cdot4)$$

ଏଠାରେ $$\nabla = \left(\frac{d}{dx} + \frac{d}{dy} + \frac{d}{dz}\right)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବର ଏକ ବିକଳ୍ପ ସଂଜ୍ଞା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା ।

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଏପରି ଏକ ସ୍କାଲର ରାଶି ଯାହାର ଦୂରତ୍ୱ ସହିତ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର ଆଲୋଚ୍ୟ ବିନ୍ଦୁର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା ଅଟେ ।

ଚିତ୍ର ନଂ 7·1 ରେ PQ ସରଳରେଖା ଉପରେ A ଓ B ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ । ଗ୍ରୂଜ-ଠାରୁ ଏହି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱ ମନେକର l_1 ଓ l_2 ।

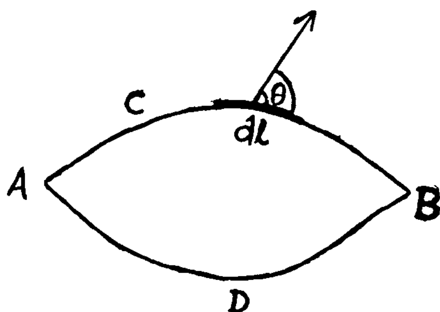
ଏହି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର

$$V_A - V_B = -\int_B^A E \cos\theta\, dl = -\int_{l_2}^{l_1} E \cos\theta\, dl \quad .... (7.5)$$

7·4 ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ଅନୁସୃତ ପଥ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେନାହିଁ :

ଏଠାରେ ସୂଚାଇ ଦିଆଯାଇପାରେ ଯେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରସ୍ଥ କୌଣସି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବ, ବିନ୍ଦୁଦ୍ୱୟକୁ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା କୌଣସି ପଥ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

ମନେକର ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ A ଓ B ଦୁଇଟି ବିନ୍ଦୁ (ଚିତ୍ର ନଂ 7·2) ଓ ତାହାର ବିଭବ ଯଥାକ୍ରମେ V_A ଓ V_B । B ଓ Aକୁ ସଂଯୋଗ କରୁଥିବା BCA ପଥ ଉପରେ dl ଯଦି ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଂଶ ହୁଏ ଓ ସେଠାରେ dl ସହିତ θ କୋଣରେ ଯଦି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା E କ୍ରିୟା କରେ, ତାହାହେଲେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 7·2)

$$V_A - V_B = -\int_B^A E \cos\theta\, dl = \int_A^B E \cos\theta\, dl$$

Bରୁ Aକୁ BCA ପଥ ଦେଇ ଏକକ + ଚାର୍ଜ ଆଣିଲେ ଯେଉଁ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଏ BDA ପଥ ଦେଇ ଆଣିଲେ ମଧ୍ୟ ସେହି ପରିମାଣ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଏ । ଏହା ଯଦି

ସତ୍ୟ ନ ହୁଏ, ମନେକର

$$\int_{BCA} E \cos\theta \, dl < \int_{BDA} E \cos\theta \, dl$$

ସୁତରାଂ ଏକକ ଚାର୍ଜକୁ *BCADB* ପଥ ଦେଇ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କଲେ *BCA* ପଥରେ *B*ରୁ *A*କୁ ଚାର୍ଜଟିକୁ ଆଣିବା ପାଇଁ ଯେଉଁ ପରିମାଣ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଏ ତାହାକୁ *ABD* ପଥ ଦେଇ ଫେରାଇ ଆଣିବାବେଳେ ତାହାଠାରୁ ଅଧିକ କାର୍ଯ୍ୟ ଉପଲବ୍ଧ ହୁଏ । ଏହା ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମର ଲଙ୍ଘନ କରେ । ସୁତରାଂ

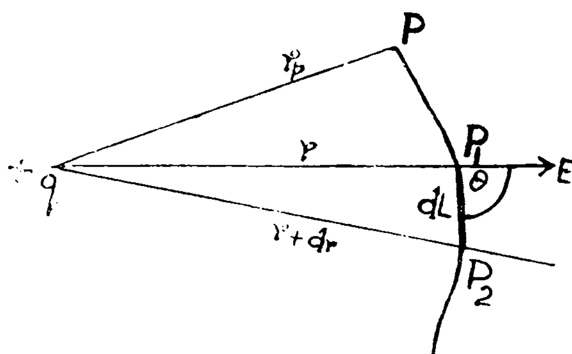
$$\int_B^A E \cos\theta \, dl = -\int_A^B E \cos\theta \, dl$$

କିମ୍ବା $\oint E \cos\theta \, dl = 0$ .... (7·6)

ସମାକଳନ ଚିହ୍ନ ଉପରେ ଦିଆଯାଇଥିବା ବୃତ୍ତ *BCADB* ବନ୍ଦ ପଥ ଦର୍ଶାଇ ଦିଏ । $\int_B^A E \cos\theta \, dl$କୁ **ରେଖା ସମାକଳ** (Line integral) କୁହାଯାଏ ।

7·5 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ :

ମନେକର $+q$ ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଚାର୍ଜ (ଚିତ୍ର ନଂ 7·3) ଓ ତାହାଠାରୁ r_p ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ *P* ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । ସେଥିପାଇଁ ଅସୀମ ଦୂରତ୍ୱରୁ *P* ବିନ୍ଦୁକୁ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏଠାରେ P_2P_1 ଏକକ ଚାର୍ଜର ଅନୁସୃତ ପଥ । ଏହି ପଥରେ $+q$ ଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ P_1 ଏକ



(ଚିତ୍ର ନଂ 7·3

ବିନ୍ଦୁ ଓ ଏହି ବିନ୍ଦୁରେ P_1E ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$E=\frac{q}{Kr^2}$$

P_1ର ଖୁବ୍ ନିକଟରେ ଓ ତାହାଠାରୁ dl ଦୂରତ୍ୱରେ P_2 ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁ। dl ଓ ତୀବ୍ରତାର ଦିଗ P_1E ମଧ୍ୟରେ ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ $\angle FP_1P_2=\theta$ । P_2ରୁ P_1 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଗ୍ରାହକ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ

$$dV=-E\,dl\cos\theta$$

$$=-E\,dr \qquad (\because\ dl\cos\theta=dr)$$

$$=-\frac{q}{Kr^2}dr$$

ସୁତରାଂ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ $V=-\int_{\infty}^{r_p}\frac{q}{Kr^2}dr=-\frac{q}{K}\int_{\infty}^{r_p}\frac{dr}{r^2}$

$$=-\frac{q}{K}\left[\frac{1}{r}\right]_{\infty}^{r_p}=\frac{q}{Kr_p} \quad \ldots\ldots \quad \ldots\ldots \qquad (7\cdot7)$$

ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମରେ $K=1$

$$V=\frac{q}{r_p}\ \text{ଅର୍ଗ/ଗ୍ରାହକ} \quad \ldots\ldots \quad \ldots\ldots \qquad (7\cdot8)$$

ଯଦି P ବିନ୍ଦୁଠାରୁ $r_1, r_2, r_3\cdots\cdots$ ଦୂରତ୍ୱରେ ବିନ୍ଦୁଗ୍ରାହକ $q_1, q_2, q_3\ldots\ldots\ldots$ ଥାଏ ତାହାହେଲେ ସେହି ସମସ୍ତ ଗ୍ରାହକ ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ

$$V=\frac{q_1}{Kr_1}+\frac{q_2}{Kr_2}+\frac{q_3}{Kr_3}+\cdots\cdots$$

$$=\frac{1}{K}\Sigma\frac{q}{r}\ \text{ଅର୍ଗ/ଗ୍ରାହକ} \quad \ldots \quad \ldots \qquad (7.9)$$

[ମି କି: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ $V=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\times\frac{q}{Kr^2}$ ଭୋଲ୍ଟ]

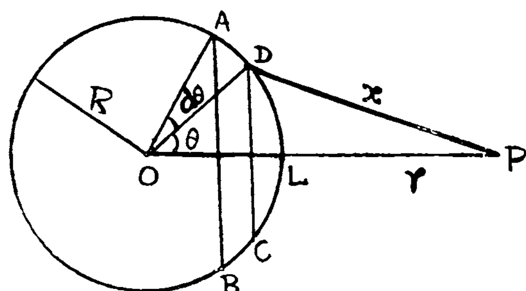
ବିଭବର ଉପରୋକ୍ତ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ କୌଣସି ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ସେହି ବିନ୍ଦୁର ସ୍ଥାନାଙ୍କ (Co-ordinate) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ଏବଂ ଚାର୍ଜର ଗତିପଥ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

7·6 ସମଭାବରେ ଚାର୍ଜିତ ଗୋଲକ ଯୋଗୁଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ :

ମନେକର ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ଧାତବ ଗୋଲକର (ଚିତ୍ର ନଂ 7.4) ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ $+q$ ଓ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ R । ତେଣୁ ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା

$$\sigma = \frac{q}{4\pi R^2}$$

(a) **ବାହ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ** :—ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ର O ଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । OP ସହିତ ସମକୋଣରେ AB ଓ CD ସମାନ୍ତରାଳ ସମତଳଦ୍ୱୟ ଗୋଲକଟିକୁ ଛେଦ କରି $ABCD$ ବଳୟ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ଏହି ବଳୟର ବକ୍ର ପୃଷ୍ଠଭାଗର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ



(ଚିତ୍ର ନଂ 7.4)

$$= 2\pi \times DL \times AD$$
$$= 2\pi R \sin\theta \times R d\theta$$

∴ ବଳୟ ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ

$$dV = \frac{2\pi\sigma R^2 \sin\theta \, d\theta}{x} \quad \dots \quad \dots \quad (7.10)$$

$$x^2 = r^2 + R^2 - 2rR\cos\theta$$

x ଓ θ ର ମାନ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଥିବାରୁ ଅବକଳନ ଦ୍ୱାରା

$$2x\,dx = 2rR\sin\theta\,d\theta$$

$$\therefore \sin\theta\,d\theta = \frac{x\,dx}{rR}$$

ସମୀକରଣ (7.10) ରେ sin θ dθ ର ମାନ ସ୍ଥାପନ କଲେ

P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ

$$dV = \frac{2\pi\sigma R^2}{x} \times \frac{x\,dx}{rR} = \frac{2\pi\sigma R}{r} dx \cdots\cdots$$

ସମଗ୍ର ଗୋଲକ ପାଇଁ ବିଭବ

$$V = \int dV = \int \frac{2\pi\sigma R}{r} dx$$

$$= \frac{2\pi\sigma R}{r}\Big[x\Big]_{x-R}^{x+R} = \frac{2\pi\sigma R}{r} \times 2R$$

$$= \frac{4\pi R^2\sigma}{r} = \frac{q}{r} \qquad \cdots \qquad (7.11)$$

ସୁତରାଂ **ସମଭାବରେ ଗୁର୍ଜିତ ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀ ଗୋଲକ ଯୋଗୁଁ ବାହ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ, ଗୋଲକର କେନ୍ଦ୍ରରେ ସମଗ୍ର ଗୁର୍ଜ କେନ୍ଦ୍ରୀଭୂତ ହୋଇଥିଲେ ଆଲୋଚ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ଯେଉଁ ବିଭବ ହେବ, ତାହା ସହିତ ସମାନ ।**

(b) *P* ବିନ୍ଦୁ ଗୁର୍ଜିତ ଗୋଲକର **ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ** ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିଲେ $r = R$,

$$\therefore \quad V = \frac{q}{R}$$

(c) **ଅଭ୍ୟନ୍ତର ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ :—** *P* ବିନ୍ଦୁ ଗୋଲକର ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିଲେ

$$V = \int_{R-x}^{R+x} \frac{2\pi\sigma R}{r} \times dx = \frac{4\pi\sigma R^2}{R} = \frac{q}{R} \quad \cdots \qquad (7.12)$$

ସୁତରାଂ **ସମଭାବରେ ଗୁର୍ଜିତ ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀ ଗୋଲକର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ, ତାହାର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ ସହିତ ସମାନ ।**

ଉଦାହରଣ (1) :—ଯଦି ଭୂପୃଷ୍ଠ ନିକଟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର 150 ଭୋଲ୍ଟ/ମିଟର୍ ହୁଏ ଓ ତାହାର ଦିଗ ଭୂକେନ୍ଦ୍ର ଦିଗରେ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ଭୂପୃଷ୍ଠ ଗୋଲକର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏକ ଭୋଲ୍ଟ $= \frac{1}{300}$ ଷ୍ଟାଟ୍ ଭୋଲ୍ଟ

$$\therefore \; E = -\frac{dV}{dx} = \frac{150/300}{100}$$ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ/ସେ: ମି:^{3}

କିନ୍ତୁ $E = 4\pi\sigma$

$$\therefore \; \sigma = \frac{E}{4\pi} = \frac{1}{4\pi} \times \frac{1}{200} = \frac{1}{800\pi}$$ ସ୍ଥିରବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ/ସେ: ମି:^{2}

ଉଦାହରଣ (2) :—10 ସେ: ମି: ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସୁପରିବାହୀ ଧାତବ ଗୋଲକର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ଟାଣ (tension) 100 ଡାଇନ୍/ସେ: ମି:^{2}/ଗୋଲକର ପୃଷ୍ଠ ଉପରେ ଭୋଲ୍ଟ ଏକକରେ ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ମନେକର ପୃଷ୍ଠର ବିଭବ $=$ V ଭୋଲ୍ଟ

$= \frac{V}{300}$ ଷ୍ଟାଟ ଭୋଲ୍ଟ

$$F = 2\pi\sigma^2 = 2\pi\left[\frac{V}{300} \div 4\pi \times 10\right]^2$$

$$\therefore \; 100 = 2\pi \left[\frac{V}{300 \times 4\pi \times 10}\right]^2 = \frac{V^2}{300^2 \times 8\pi \times 10^2}$$

$$\therefore \; V^2 = 300^2 \times 10^2 \times 10^2 \times 8\pi$$

$$V = 300 \times 10 \times 10 \sqrt{8\pi}$$

$$= 6 \times 10^4 \times \sqrt{2\pi}$$

$$= 15 \times 10^4$$ ଭୋଲ୍ଟ

ଉଦାହରଣ (3) :—ଗୋଟିଏ ସାବୁନ ପାଣି ବୁଦ୍‌ବୁଦର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 1 ସେ:ମି: ଓ ପୃଷ୍ଠଟାଣ 25 ଡାଇନ୍/ସେ: ମି: । ବୁଦ୍‌ବୁଦର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଓ ବାହ୍ୟ ଚାପ ସମାନ ହେବାପାଇଁ ତାହାର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ କେତେ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ?

ମନେକର ବୁଦ୍‌ବୁଦର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $= r$

ପୃଷ୍ଠଟାନ ଯୋଗୁଁ ବୁଦ୍‌ବୁଦର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଦିଗରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ଚାପ

$$= \frac{4T}{r}$$

ବୁଦ୍‌ବୁଦର ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପାଇଁ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ

$$= 2\pi\sigma^2$$

$$\therefore \; 2\pi\sigma^2 = \frac{4T}{r}$$

ମନେକର ବୁଦ୍‌ବୁଦର ମୋଟ ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ $= q$

$$\sigma = \frac{q}{4\pi r^2}$$

$$2\pi \left(\frac{q}{4\pi r^2}\right)^2 = \frac{4T}{r}$$

ବା $q^2 = 32\pi r^3 T = 32 \times \pi \times 1 \times 25$

$\therefore \; q = 20\sqrt{2\pi} = 50$ ଷ୍ଟାଟ୍‌କୁଲମ୍

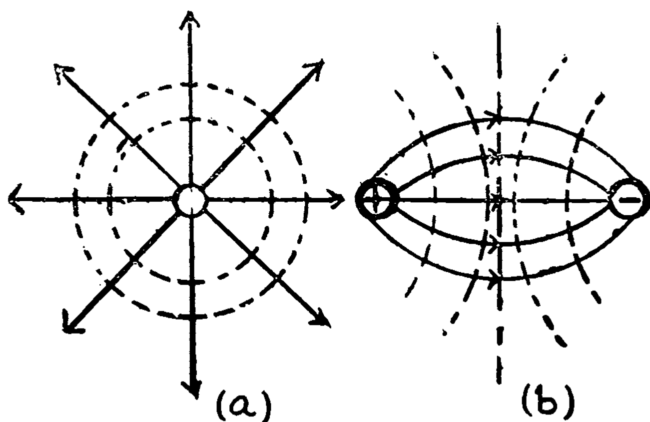
$$V = \frac{q}{r} = \frac{50}{1} \text{ ଷ୍ଟାଟ୍‌ଭୋଲ୍‌ଟ}$$

$$= 300 \times 50 = 15000 \text{ ଭୋଲ୍‌ଟ}$$

7·7 ସମବିଭବ ରେଖା ଓ ପୃଷ୍ଠ (Equipotential lines and surfaces) :—

କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରରେ ସମାନ ବିଭବବିଶିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁଗୁଡ଼ିକୁ ସଂଯୁକ୍ତ କରୁଥିବା ରେଖାକୁ ସମବିଭବ ରେଖା କହନ୍ତି । ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଏହି ସମବିଭବରେଖା ସହିତ ସର୍ବଦା ଲମ୍ବ । ଚିତ୍ର ନଂ 7·5 (a) ରେ ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ଗୋଲକର ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ପୂର୍ଣ୍ଣରେଖାଦ୍ୱାରା ଓ ସମବିଭବ ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ବିନ୍ଦୁରେଖା ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ସେହିପରି ଚିତ୍ର ନଂ 7·5 (b) ରେ ସନ୍ନିକଟସ୍ଥ ଦୁଇଟି ବିପରୀତ ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ବଳରେଖା ଓ ସମବିଭବରେଖା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ।

କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସମବିଭବ ବିଶିଷ୍ଟ ସମସ୍ତ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଇଥିବା ପୃଷ୍ଠକୁ ସମବିଭବ ପୃଷ୍ଠ କୁହାଯାଏ । ଗୋଟିଏ ଗ୍ଣିତ ଗୋଲକର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ବିଭିନ୍ନ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ସକେନ୍ଦ୍ରୀ ଗୋଲକାର ପୃଷ୍ଠଗୁଡ଼ିକ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗୋଟିଏ ଗୋଟିଏ ଭିନ୍ନ ମାନର ସମବିଭବ ପୃଷ୍ଠ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 7.5)

ସମବିଭବ ପୃଷ୍ଠର ଧର୍ମ— (i) ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ସମବିଭବ ପୃଷ୍ଠ ସହିତ ସର୍ବଦା ଲମ୍ବ, (ii) ଦୁଇଟି ସମବିଭବ ପୃଷ୍ଠ ପରସ୍ପରକୁ କଦାପି ଛେଦ କରନ୍ତି ନାହିଁ ।

ଗୋଟିଏ ଗ୍ରଣିତ ପରିବାହୀର ଗ୍ରର୍ଜ ଯଦି ସ୍ଥିରାବସ୍ଥାରେ ଥାଏ ତାହାହେଲେ ତାହାର ପୃଷ୍ଠଭାଗ ଗୋଟିଏ ସମବିଭବ ପୃଷ୍ଠ ହେବ । ଯଦି ତାହା ନ ହୋଇଥାନ୍ତା ତାହାହେଲେ ଗ୍ରଣିତ ପରିବାହୀର ପୃଷ୍ଠଭାଗରେ ଉଚ୍ଚ ବିଭବ ବିଶିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁରୁ ନିମ୍ନ ବିଭବ ବିଶିଷ୍ଟ ବିନ୍ଦୁକୁ ଗ୍ରର୍ଜ ପ୍ରବାହିତ ହୁଅନ୍ତା । ଗୋଟିଏ ଫମ୍ପା ଗୋଲକାର ଗ୍ରର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ପୃଷ୍ଠରେ ଓ ଅଭ୍ୟନ୍ତରରେ ବିଭବ ସମାନ ହୋଇଥାଏ ।

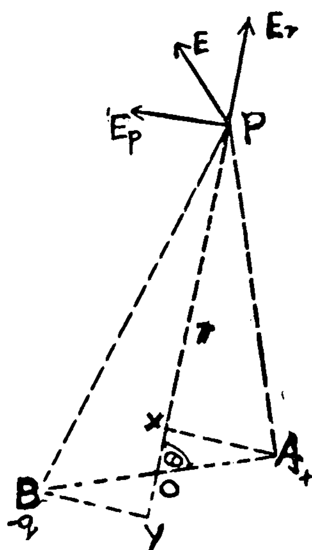
$$\text{ଯେହେତୁ } E = -\frac{dV}{dx},$$

ତେଣୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତାର ଯୁକ୍ତ ଦିଗ ଉଚ୍ଚ ବିଭବ ପୃଷ୍ଠରୁ ନିମ୍ନ ବିଭବ ପୃଷ୍ଠ ଦିଗରେ ହୋଇଥାଏ ।

7·8 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଯୋଗୁଁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ ଓ ତୀବ୍ରତା :

AB ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ (ଚିତ୍ର ନଂ 7.6) । ମନେକର A ଓ B ବିନ୍ଦୁର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ ଯଥାକ୍ରମେ $+q$ ଓ $-q$ ଏବଂ ABର ଦୈର୍ଘ୍ୟ$=2l$ । ଏହି ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଖୁବ୍ କ୍ଷୁଦ୍ର (ପାରମାଣବିକ) । ସୁତରାଂ ଦ୍ୱିମେରୁର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $M'2lq$ ।

ଦ୍ୱିମେରୁର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ O ଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । OP ସରଳରେଖା OA ସହିତ θ କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ । ବର୍ତ୍ତମାନ P ବିନ୍ଦୁକୁ A ଓ B ସହିତ ଯୋଗ କର ଏବଂ A ଓ B ବିନ୍ଦୁରୁ PO ଓ PO (ବର୍ଦ୍ଧିତ) ଉପରେ ଯଥାକ୍ରମେ ଲମ୍ବ AX ଓ BY ଅଙ୍କନ କର ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 7·6)

ବିଭବ :

P ବିନ୍ଦୁରେ ଚାର୍ଜ $+q$ ଯୋଗୁଁ ବିଭବ

$$V_1 = \frac{+q}{AP} = \frac{+q}{XP} \text{ (ପ୍ରାୟ)}$$

P ବିନ୍ଦୁରେ ଚାର୍ଜ $-q$ ଯୋଗୁଁ ବିଭବ

$$V_2 = \frac{-q}{BP} = \frac{-q}{YP} \text{ (ପ୍ରାୟ)}$$

$\therefore$ P ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ବିଭବ

$$V = q\left[\frac{1}{XP} - \frac{1}{YP}\right]$$

$$= q\left[\frac{1}{r - l\cos\theta} - \frac{1}{r + l\cos\theta}\right]$$

$$= \frac{2\,lq\cos\theta}{r^2 - l^2\cos^2\theta} = \frac{2\,lq\cos\theta}{r^2}$$

$(\because\ r^2 >> l^2 \cos^2\theta$

$$= \frac{M' \cos\theta}{r^2} \qquad \cdots \qquad (7.13)$$

(i) ଯେତେବେଳେ $\theta = 0$, ଅର୍ଥାତ୍ P ବିନ୍ଦୁ ଦ୍ୱିମେରୁର ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିଲେ, $V = \frac{M'}{r^2}$

(ii) ଯେତେବେଳେ $\theta = \frac{\pi}{2}$, ଅର୍ଥାତ୍ P ବିନ୍ଦୁ ଦ୍ୱିମେରୁର ସମଦ୍ୱିଖଣ୍ଡକ ଲମ୍ବ ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିଲେ, $V = 0$

ତୀବ୍ରତା :—

(i) ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଭେକ୍ଟର OP ଦିଗରେ P ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା

$$E_r = -\frac{dV}{dr} = -\frac{d}{dr}\left(\frac{M' \cos\theta}{r^2}\right) = \frac{2M' \cos\theta}{r^3}$$

(ii) ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଭେକ୍ଟର ସହିତ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$E_p = -\frac{dV}{r\,d\theta} = -\frac{1}{r}\frac{d}{d\theta}\left(\frac{M' \cos\theta}{r^2}\right) = \frac{M' \sin\theta}{r^3}$$

$\therefore$ P ବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣାମୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା

$$E = \sqrt{E_r^2 + E_p^2} = \sqrt{\left(\frac{2M' \cos\theta}{r^3}\right)^2 + \left(\frac{M' \sin\theta}{r^3}\right)^2}$$

$$= \frac{M'}{r^3}\sqrt{4\cos^2\theta + \sin^2\theta} = \frac{M'}{r^3}\,(3\cos^2\theta + 1)^{\frac{1}{2}} \cdots (7.14)$$

ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଭେକ୍ଟର OP ସହିତ ଏହି ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତାର ଦିଗ ଯଦି α କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ତାହାହେଲେ

$$\tan\alpha = \frac{E_p}{E_r} = \frac{M' \sin\theta}{r^3} \Big/ \frac{2M' \cos\theta}{r^3} = \frac{\tan\theta}{2}$$

$$\cdots \qquad \cdots \qquad (7.15)$$

(i) ପ୍ରାନ୍ତମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ ଅର୍ଥାତ୍ P ବିନ୍ଦୁ ଦ୍ୱିମେରୁର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ

ହୋଇଥିଲେ $\theta=0, E=\frac{2M'}{r^3}$, $\alpha=0$

(ii) ପାର୍ଶ୍ୱମୁଖୀ ଅବସ୍ଥାନରେ, ଅର୍ଥାତ୍ P ବିନ୍ଦୁ ସମଦ୍ୱିଖଣ୍ଡକ ଲମ୍ବ ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ

ହୋଇଥିଲେ $\theta=90^\circ, E=\frac{M'}{r^3}$, $\alpha=90^\circ$ ।

7·9 ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଭୋଲ୍ଟ :

କୌଣସି ଗୃର୍ଜିତ କଣିକା ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗତି କରିବାବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ର କିଛି କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇ ଗୃର୍ଜିତ କଣିକାର ଗତି ଶକ୍ତିରେ (Kinetic energy) ପରିଣତ ହୁଏ । **ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏକ ଭୋଲ୍ଟ ବିଭବାନ୍ତର ମଧ୍ୟରେ ଗତି କରିବା-ବେଳେ ଯେଉଁ ଗତି ଶକ୍ତି ହାସଲ କରେ ତାହାକୁ ଏକ "ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଭୋଲ୍ଟ" କୁହାଯାଏ । "ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଭୋଲ୍ଟ"** ଶକ୍ତି ମାପର ଗୋଟିଏ ଏକକ । ଏହି ଏକକ ସାଧାରଣତଃ ପାରମାଣବିକ ତଥା ନ୍ୟୁକ୍ଲିୟାର ପଦାର୍ଥ ବିଦ୍ୟାରେ ଶକ୍ତି ମାପପାଇଁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ V ଷ୍ଟାଟ୍‌ଭୋଲ୍ଟ ବିଭବାନ୍ତର ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରିବା-ବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର ଯେଉଁ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ତାହାର ପରିମାଣ $=Ve$ ଅର୍ଗ ($e=$ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ଗୃର୍ଜ । ଯଦି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ $=m$ ଓ ବେଗ $=u$ ହୁଏ ତାହା-ହେଲେ ତାହାର ଗତିଶକ୍ତି $=\frac{1}{2}mu^2$

$$\therefore \ \frac{1}{2}mu^2=Ve$$

$$\text{ବା } u=\sqrt{\frac{2\,Ve}{m}} \text{ ସେ: ମି:/ସେକେଣ୍ଡ}$$

ସୁତରାଂ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍‌ର ବେଗ, ବିଭବାନ୍ତରର ବର୍ଗମୂଳ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।

ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ଯଦି V ଭୋଲ୍ଟ ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରେ ତାହାହେଲେ ତାହାର ଗତିଶକ୍ତି $\frac{1}{2}mu^2=\frac{Ve}{300}$ ଅର୍ଗ । ସୁତରାଂ ଏକ ଭୋଲ୍ଟ ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କରିବାବେଳେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ଗତିଶକ୍ତି

$$\frac{1}{2}mu^2=\frac{e}{300}=\frac{4{\cdot}77\times10^{-10}}{300}=1.59\times10^{-12} \text{ ଅର୍ଗ}$$

(∵ ଇଲେକଟ୍ରନର ଚାର୍ଜ $e = 4.77 \times 10^{-10}$ ଷ୍ଟାଟ କୁଲମ୍)
ସୁତରାଂ ଏକ ଇଲେକଟ୍ରନ ଭୋଲ୍ଟ $= 1.59 \times 10^{-12}$ ଅର୍ଗ

ଶକ୍ତି ମାପପାଇଁ ଇଲେକଟ୍ରନ ଭୋଲ୍ଟଠାରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବଡ଼ ଏକକ **"ମିଲିୟନ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଭୋଲ୍ଟ"** ମଧ୍ୟ ଅନେକ ସମୟରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।
ଏକ ମିଲିୟନ ଇଲେକଟ୍ରନ ଭୋଲ୍ଟ $(m.e.u.) = 1.59 \times 10^{-6}$ ଅର୍ଗ ।

7.9 ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ରରେ ଇଲେକଟ୍ରନର ବିକ୍ଷେପ (Deflection of electron in an electric field) :

ଗୋଟିଏ ଇଲେକଟ୍ରନ (ଚାର୍ଜିତ କଣିକା) କୌଣସି ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିବାବେଳେ ତାହାର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ (transverse) ଦିଗରେ ଯଦି ଏକ ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ କଣିକାଟି ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ର ଦିଗରେ ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହେବ । ଚିତ୍ର ନଂ 7.7 ରେ A ଓ B ଦୁଇଟି ଧାତବ ଫଳକ ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ$=d$ । ମନେକର ଏହି ଫଳକ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟମାନ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା E ଓ ବିଭବାନ୍ତର V $\left(\therefore\ E = \frac{V}{d}\right)$ । ଯଦି ଇଲେକଟ୍ରନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ$=m$ ଓ ଚାର୍ଜ$=e$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଗତି କରିବାବେଳେ AB ଦିଗରେ ତାହା ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ—

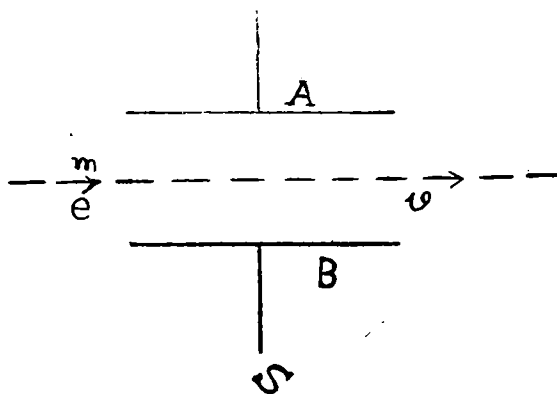
$$F = Ee$$

ଏହି ବଳ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେବା ଫଳରେ ଇଲେକଟ୍ରନର ତ୍ୱରଣ ଯଦି f ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$mf = Ee$$

$$\text{ବା } f = \frac{Ee}{m}$$

ଏହି ତ୍ୱରଣ ଫଳରେ ଇଲେକଟ୍ରନଟି ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପାରାବଲୟିକ ପଥ ଅନୁସରଣ କରିବ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 7·7)

ଉଦାହରଣ (1) :— ଦୁଇଟି ଧାତବ ଫଳକ ପରସ୍ପରଠାରୁ 2 ସେ: ମି: ଦୂରରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଅବସ୍ଥିତ ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଭୂଲମ୍ବ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ର ବିଦ୍ୟମାନ । ଯଦି ଦୁଇ ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର 9000 ଭୋଲ୍ଟ ହୁଏ ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ଆହିତ ତୈଳବିନ୍ଦୁ ($e=4{\cdot}7, \times 10^{-10}$ ଷ୍ଟାଟ୍କୁଲମ୍) ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣଦ୍ୱାରା ତଳକୁ ପଡ଼ି ନ ଯାଏ ତାହାହେଲେ ତୈଳ ବିନ୍ଦୁର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ତୈଳର ସାନ୍ଦ୍ରତା $\rho=0.9$ ଏବଂ $g=980$ ସେ: ମି:/ସେ²)

$$1 \text{ ଭୋଲ୍ଟ} = \frac{1}{300} \text{ ଷ୍ଟାଟ୍ଭୋଲ୍ଟ}, \; d=2 \text{ ସେ: ମି:}$$

$$E=\frac{V}{d}=\frac{9000}{300\times 2}=15 \text{ ସ୍ଥିରବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ}$$

ଯଦି ତୈଳବିନ୍ଦୁର ଆହିତ e ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତାହା ଉପରେ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଦିଗରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ$=Ee$ ଏବଂ ଏହା ତୈଳବିନ୍ଦୁର ଓଜନ ସହିତ ସମାନ ।

$$\therefore \; Ee=mg=\frac{4}{3}\pi r^3 \rho g, \; r=\text{ତୈଳବିନ୍ଦୁର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ}$$

$$\therefore \; r^3=\frac{3\,Ee}{4\pi\rho g}=\frac{3\times 15\times 4{\cdot}77\times 10^{-10}}{4\pi\times 0{\cdot}9\times 980}=194\times 10^{-12}$$

$$\therefore \; r=5.8\times 10^{-4} \text{ ସେ: ମି:}$$

ଉଦାହରଣ (2) :— ଗୋଟିଏ ଜଳବୁନ୍ଦାର ଆହିତ ପରିମାଣ $e=4.77\times 10^{-10}$ ଷ୍ଟାଟ୍କୁଲମ୍ ଓ ଭୂବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $E=3$ ଭୋଲ୍ଟ/ସେ ମି. । ଯଦି ଜଳବୁନ୍ଦାଟି ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣଦ୍ୱାରା ତଳକୁ ନ ପଡ଼ି ଭାସମାନ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତାହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ମନେକର ଜଳବୁନ୍ଦାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ$=m$ ଓ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ$=r$

ଜଳବୁନ୍ଦାଟି ଭାସମାନ ହେବାପାଇଁ ତାହାର ଓଜନ ବିଦ୍ୟୁତ୍କ୍ଷେତ୍ରଯୋଗୁଁ ତାହା ଉପରେ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଦିଗରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ ସମାନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

$$\therefore \; Ee=mg=\frac{4}{3}\pi r^3 \rho g$$

$$\text{ବା } r^3=\frac{3Ee}{4\pi\rho g}=\frac{3\times 3\times 4.77\times 10^{-10}}{300\times\pi\times 1\times 980}$$

$$\therefore \; r=1.05\times 10^{-5} \text{ ସେ.ମି.}$$

$$\left(\because \text{ ଏକ ଭୋଲ୍ଟ} = \frac{1}{300} \text{ ସ୍ଥି.ବୈ.ଏ.}\right)$$

ଉଦାହରଣ (3) :—ଭୂପୃଷ୍ଠ ନିକଟରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା 150 ଭୋଲ୍ଟ/ମିଟର । ଭୂପୃଷ୍ଠ ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$$\frac{dV}{dr} = \frac{150}{100} = 1.4 \text{ ଭୋଲ୍ଟ/ସେ ମି.}$$

$$= \frac{15}{300} \text{ ଷ୍ଟାଟ ଭୋଲ୍ଟ/ସେ ମି.}$$

$$E = -\frac{dV}{dr} = 4\pi\sigma, \ (\sigma = \text{ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା})$$

$$\therefore \ \sigma = \frac{1}{4\pi}\left(-\frac{dV}{dr}\right) = \frac{1}{4\pi} \times \frac{1{\cdot}5}{300}$$

$$= \frac{1}{4\pi} - \frac{1}{200} \text{ ଷ୍ଟାଟକୁଲମ/ସେ.ମି.}^2$$

$$= \frac{1}{4\pi} \times \frac{10^4}{200} \text{ ଷ୍ଟାଟକୁଲମ/ମିଟର}^2$$

$$= 3.98 \text{ ଷ୍ଟାଟକୁଲମ/ମିଟର}^2$$

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବର ସଂଜ୍ଞା ଉଲ୍ଲେଖ କର । କୌଣସି ଚାର୍ଜ q ଯୋଗୁଁ ତାହାଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବର ପରିମାଣ ସୂଚକ ଏକ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର । ଦର୍ଶାଅ ଯେ ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ରସ୍ଥ କୌଣସି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବାନ୍ତର ଅନୁସୃତ ପଥ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେନାହିଁ ।

2. ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଓ ତୀବ୍ରତା ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସମ୍ବନ୍ଧ ଦର୍ଶାଅ । ଗୋଟିଏ ସମଭାବରେ ଚାର୍ଜିତ ଗୋଲକ ଯୋଗୁଁ ତାହାର ବାହ୍ୟ ଓ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

3. ଗୋଟିଏ ଫମ୍ପା ଗୋଲାକାର ଗୃର୍ଜିତ ପରିବାହୀର ବାହ୍ୟ ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଏବଂ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଓ ତୀବ୍ରତାର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

4. ଗୋଟିଏ ଗୃର୍ଜିତ ଧାତବ ଗୋଲକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 5 ସେ.ମି. । ଏହାର ପୃଷ୍ଠଭାଗରେ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ 100 ଡାଇନ୍/ସେ.ମି.^{2} । ଭୋଲ୍ଟ ଏକକରେ ଗୋଲକର ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ – 7.5×10^4 ଭୋଲ୍ଟ)

5 ଭୂପୃଷ୍ଠ ନିକଟରେ ବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା 200 ଭୋଲ୍ଟ/ମିଟର । ଭୂପୃଷ୍ଠ ଗୃର୍ଜର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ – 5.3 ଷ୍ଟାଟକୁଲମ/ମିଟର^2)

6. ଗୋଟିଏ ଗୃର୍ଜିତ ଜଳବୁନ୍ଦାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 10^{-5} ସେ.ମି. ଓ ଗୃର୍ଜ ପରିମାଣ 4.7×10^{-10} ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ । ଜଳବୁନ୍ଦାଟି ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣଦ୍ୱାରା ତଳକୁ ନ ଖସି ଭୂବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ଭାସମାନ ଅବସ୍ଥାରେ ରହେ । ଭୂବିଦ୍ୟୁତ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଭୋଲ୍ଟ/ସେ ମି. ଏକକରେ ପ୍ରକାଶ କର । (ଉ – 2 62 ଭୋଲ୍ଟ/ସେ ମି.)

7. ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁର ଅର୍ଥ କଣ ? ଗୋଟିଏ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦ୍ୱିମେରୁ ଯୋଗୁଁ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ବିଭବ ଓ ତୀବ୍ରତା ସୂଚକ ରାଶି ନିର୍ଗମନ କର ।

8. ଇଲେକଟ୍ରନ ଭୋଲ୍ଟ କଣ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ଦୁଇଟି ଭୂସମାନ୍ତର ଧାତବ ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ 1 ସେ ମି. ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର 4500 ଭୋଲ୍ଟ । 5.9×10^{-4} ସେ.ମି. ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଗୃର୍ଜିତ ତୈଳବୁନ୍ଦା ($e = 4.7 \times 10^{-10}$ ଷ୍ଟାଟକୁଲମ) ଏହି ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ମାଧ୍ୟାକର୍ଷଣଦ୍ୱାରା ତଳକୁ ଖସି ପଡ଼େନାହିଁ । ତୈଳବୁନ୍ଦାର ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଅଷ୍ଟମ ପରିଚ୍ଛେଦ

ଧାରକତ୍ୱ ଓ ଧାରିତ୍ର

(Capacity and Capacitor)

୮·1 ଧାରକତ୍ୱ :

କୌଣସି ବସ୍ତୁର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଧାରଣ କରିବାର କ୍ଷମତାକୁ ତାହାର **ଧାରକତ୍ୱ** (Capacity ବା Capacitance) କୁହାଯାଏ । ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀକୁ ଚାର୍ଜ କଲାବେଳେ ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ତାହାର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ଏବଂ ଏହି ବିଭବ, ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ । ଯଦି କୌଣସି ପରିବାହୀର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ Q ହୁଏ ଓ ଏହି ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁଁ ତାହାର ବିଭବ Vକୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ତାହାହେଲେ

$$Q \propto V$$

$$\text{ବା } \frac{Q}{V} = \text{ସ୍ଥିରାଙ୍କ} = C \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (୮·1)$$

ଏହି ସ୍ଥିରାଙ୍କ Cକୁ ପରିବାହୀର **ଧାରକତ୍ୱ** କୁହାଯାଏ ।

ଯଦି $V = 1$, $\quad C = Q$

ସୁତରାଂ **କୌଣସି ପରିବାହୀର ଏକକ ବିଭବ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ଚାର୍ଜ ଉକ୍ତ ପରିବାହୀର ଧାରକତ୍ୱ ।**

କୌଣସି ପରିବାହୀର ଧାରକତ୍ୱ ତାହାର (i) ଆକାର ପ୍ରକାର (ii) ତାହା ଯେଉଁ ମାଧ୍ୟମରେ ଅବସ୍ଥିତ ତାହାର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା, ଓ (iii) ତାହା ନିକଟସ୍ଥ ଅଣଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଓ ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଅଧିକ ହେଲେ ତାହାର ଧାରକତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।

୮·2 ଧାରକତ୍ୱର ଏକକ :

(1) **ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ** :—ସମୀକରଣ (୮·1)ରେ ଯଦି $Q = 1$ ଓ $V = 1$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ $C = 1$ ହେବ । ସୁତରାଂ **ଏକ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ ଚାର୍ଜ (ଷ୍ଟାଟ୍ କୁଲମ୍) ଦ୍ୱାରା କୌଣସି ପରିବାହୀର ବିଭବ ଯଦି ଏକ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ (ଷ୍ଟାଟ୍ଭୋଲ୍ଟ) ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ତାହାହେଲେ ଉକ୍ତ ପରିବାହୀର ଧାରକତ୍ୱ ଏକ ଏକ ସ୍ଥିର**

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ "ଷ୍ଟାଟଫାରାଡ୍" (Stat farad) ହେବ ।

$$\therefore \text{ ଏକ ଷ୍ଟାଟ୍ଫାରାଡ୍} = \frac{\text{ଏକ ଷ୍ଟାଟ୍ କୁଲମ୍ବ}}{\text{ଏକ ଷ୍ଟାଟଭୋଲ୍ଟ}}$$

(2) ମି କି ସେ (ବ୍ୟାବହାରିକ ଏକକ) :—ମି: କି: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ ଧାରକତ୍ୱର ଏକକକୁ ଏକ "ଫାରାଡ" (Farad) କୁହାଯାଏ । ଏକକୁଲମ୍ବ ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱାରା କୌଣସି ପରିବାହୀର ବିଭବ ଯଦି ଏକ ଭୋଲଟ୍ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ତାହାହେଲେ ଏହି ପରିବାହୀର ଧାରକତ୍ୱ ଏକ "ଫାରାଡ୍" ହେବ ।

ବୈଜ୍ଞାନିକ ମାଇକେଲ ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ସମ୍ମାନାର୍ଥେ ତାଙ୍କ ନାମ ଅନୁସାରେ ଏହି ଏକକର ନାମକରଣ ହୋଇଛି । ଫାରାଡ୍ ଏକ ବୃହତ୍ତ୍ର ଏକକ । ତେଣୁ ସୁବିଧାରେ ଧାରକତ୍ୱ ମାପ କରିବା ପାଇଁ ଅନେକ ସମୟରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଏକକ ଯଥା— ମାଇକ୍ରୋଫାରାଡ୍ (Microfarad) ପିକୋଫାରାଡ୍ (Picofarad) ଇତ୍ୟାଦି ଏକକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ ।

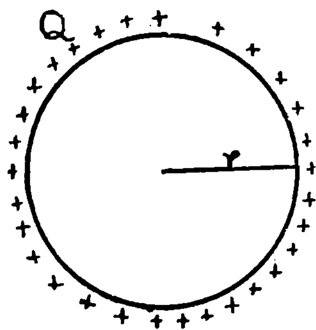
1 ମାଇକ୍ରୋଫାରାଡ୍ $(\mu f) = 10^{-6}$ ଫାରାଡ୍

1 ପିକୋଫାରାଡ୍ $(\mu\mu f) = 10^{-12}$ ଫାରାଡ

ଫାରାଡ୍ ଓ ଷ୍ଟାଟଫାରାଡ୍ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ବନ୍ଧ :

$$1 \text{ ଫାରାଡ୍} = \frac{1 \text{ କୁଲମ୍ବ}}{1 \text{ ଭୋଲ୍ଟ}} = \frac{3\times 10^9 \text{ ଷ୍ଟାଟ୍ କୁଲମ୍ବ}}{\frac{1}{300}\text{ ଷ୍ଟାଟ ଭୋଲ୍ଟ}} = 9\times 10^{11} \text{ ଷ୍ଟାଟ ଫାରାଡ}$$

8·3 ଗୋଲକୀୟ ପରିବାହୀର ଧାରକତ୍ୱ :—ମନେକର, ଗୋଟିଏ ଗୋଲକାର ପରିବାହୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ଓ ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ (ଚିତ୍ର ନଂ—8·1) Q । ଗୋଲକଟି ଯଦି ଗୋଟିଏ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ମାଧ୍ୟମରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥାଏ ଓ ସେହି ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା K ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଗୋଲକର ପୃଷ୍ଠଭାଗର ବିଭବ $V = \frac{Q}{Kr}$



(ଚିତ୍ର ନଂ 8·1)

$$\therefore \text{ ଧାରକତ୍ୱ } C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{Q/Kr}$$

$$= Kr \quad \cdots\cdots\cdots \quad (8·2)$$

ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମରେ $K = 1$,

$$\therefore C = r \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad [8·2(a)$$

ସୁତରାଂ **ଗୋଟିଏ ଗୋଲକର ଧାରକତ୍ୱ ତାହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସହିତ ସାଂଖ୍ୟିକ ସମାନ (Numerically equal)** ।

ଏକ ସେଣ୍ଟିମିଟର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଗୋଲକର ଧାରକତ୍ୱ ଏକ ଷ୍ଟାଟ ଫାରାଡ । ଯେଉଁ ଗୋଲକର ଧାରକତ୍ୱ ଏକ ଫାରାଡ ତାହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 9×10^{11} ସେ: ମି: ।

୪·3 (a) ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀର ବିଭବ ଓ ବିଭବ ଶକ୍ତି :

କୌଣସି ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀର ବିଭବ ଓ ବିଭବ ଶକ୍ତି ସମାନ ନୁହେଁ । ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ ନିକଟକୁ ଅସୀମ ଦୂରତ୍ୱରୁ ଗୋଟିଏ ଯୁକ୍ତ ଏକକ ଚାର୍ଜ (**Unit positive charge**) ଆଣିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ଉକ୍ତ ପରିବାହୀର ବିଭବ । କିନ୍ତୁ ପରିବାହୀଟିରେ ତାହାର ମୋଟ ଚାର୍ଜ ଧୀରେ ଧୀରେ ଯୋଗ କରିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ଉକ୍ତ ପରିବାହୀର ବିଭବ ଶକ୍ତି ଅଟେ ।

ମନେକର ପରିବାହୀର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ Q ଓ ବିଭବ V । ସୁତରାଂ ଅସୀମ ଦୂରତ୍ୱରୁ ପରିବାହୀ ନିକଟକୁ ଏକକ ଚାର୍ଜ ଆଣିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ V । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ Vର ମାନ ସ୍ଥିର ରହିଲେ dq ଚାର୍ଜ ଆଣିବା ପାଇଁ Vdq କାର୍ଯ୍ୟ ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ଚାର୍ଜ ଶୂନ୍ୟ ଅବସ୍ଥାରୁ Q ଚାର୍ଜ ହାସଲ କରିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପରିବାହୀର ବିଭବ ଶକ୍ତି ସମାନ ରହେ ନାହିଁ; ତାହା 0ରୁ V ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ।

ମନେକର ପରିବାହୀର ଧାରକତ୍ୱ C ଏବଂ ଚାର୍ଜ କରିବାବେଳେ କୌଣସି ସମୟରେ ତାହାର ବିଭବ v ଓ ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ q ହେଉ ।

ଯେହେତୁ $\frac{q}{v} = C, \; dq = Cdv$

ଯଦି ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ପରିବାହୀରେ dq ଚାର୍ଜ ଯୋଗ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ସେଥିପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ $dw = vdq = Cvdv$ ସୁତରାଂ ଚାର୍ଜ ଶୂନ୍ୟ

ଅବସ୍ଥାରୁ Q ଚାର୍ଜ ଯୋଗ କରିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଅର୍ଥାତ୍ ଶୂନ୍ୟ ବିଭବ ଅବସ୍ଥାରୁ ବିଭବ V ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ମୋଟ କାର୍ଯ୍ୟ

$$W = \int_{0}^{V} Cv\,dv = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} \quad \cdots \quad \cdots \quad (8{\cdot}3)$$

$$\left[\therefore\ V = \frac{Q}{C}\right]$$

ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ପରିବାହୀରେ ବିଭବ ଶକ୍ତି ଭାବରେ ସଞ୍ଚିତ ହୋଇ ରହେ ।

ଉଦାହରଣ (1)—ଯଦି ଗୋଟିଏ ଗୋଲକାର ପରିବାହୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 8 ସେ:ମି: ଓ ବିଭବ 200 ଷ୍ଟାଟଭୋଲ୍ଟ ହୁଏ ଉକ୍ତ ପରିବାହୀରେ ସଞ୍ଚିତ ବିଭବ ଶକ୍ତି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ସଞ୍ଚିତ ବିଭବ ଶକ୍ତି $W = \frac{1}{2}CV^2$

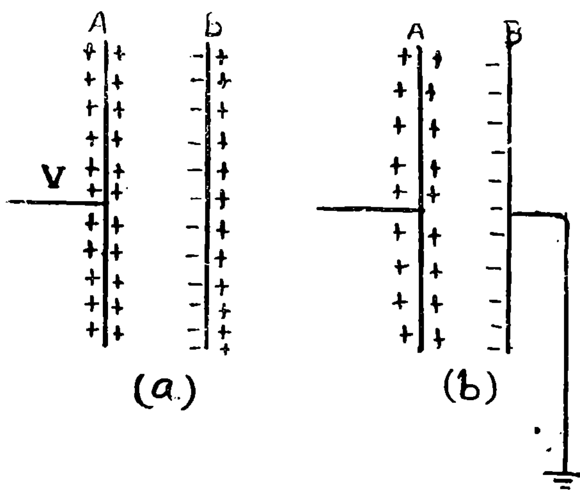
$= \frac{1}{2} \times 8 \times 200^2$

$= 16 \times 10^4$ ଅର୍ଗ

8 4 ଧାରିତ୍ର (C pacitor) :

ମନେକର A, ଗୋଟିଏ ରୋଧିତ ଧାତବ ଫଳକ (ଚିତ୍ର ନଂ 8·2a) । ଏହା ଗୋଟିଏ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଉତ୍ପାଦନ କରୁଥିବା ଯନ୍ତ୍ର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ତେଣୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ । ଏହାର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ Q ଓ ବିଭବ V ହେଉ । ଏହି ଧାତବ ଫଳକ ନିକଟକୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ରୋଧିତ ଓ ଅଣଚାର୍ଜିତ ଧାତବ ଫଳକ B ଆଣିଲେ ଦ୍ୱିତୀୟ ଫଳକର ନିକଟତମ ପ୍ରାନ୍ତରେ ବିଯୁକ୍ତ ଓ ଦୂରପ୍ରାନ୍ତରେ ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ପ୍ରେରିତ ହେବ । ଏହି ବିଯୁକ୍ତ ଓ ଯୁକ୍ତ ପ୍ରେରିତ ଚାର୍ଜ ଫଳକ A ର ବିଭବକୁ ଯଥାକ୍ରମେ ହ୍ରାସ ଓ ବୃଦ୍ଧି କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରବୃତ୍ତ ହେବ । କିନ୍ତୁ ବିଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ଫଳକ A ର ନିକଟତମ ହୋଇଥିବାରୁ ତାହାର ପ୍ରଭାବ ଅଧିକ ହେବ ଓ ଫଳରେ A ର ବିଭବ ହ୍ରାସ ପାଇବ । ଏହାଦ୍ୱାରା A ର ଧାରକତ୍ୱ $\left(C = \frac{Q}{V}\right)$ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବ । ପୁନଶ୍ଚ ଫଳକ B କୁ ଭୂପୃଷ୍ଠ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ (ଚିତ୍ର ନଂ 8·2b) ତାହାର ପ୍ରେରିତ ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ

ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ପ୍ରବାହ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଶମିତ ହୋଇଯାଏ ଓ ତେଣୁ ତାହାର ପ୍ରଭାବ ଲୋପ ପାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା Aର ବିଭବ ଆହୁରି ଅଧିକ ହ୍ରାସ ପାଏ । ତେଣୁ Aର ଧାରକତ୍ୱ ଆହୁରି



(ଚିତ୍ର ନଂ 8·2a) (ଚିତ୍ର ନଂ 8·2b)

ଅଧିକ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ଓ ତାହା ନିଜର ପୂର୍ବ ବିଭବ ବଜାୟ ରଖିବା ପାଇଁ ଯନ୍ତ୍ରରୁ ଅଧିକ ଚାର୍ଜ ସଂଗ୍ରହ କରେ ।

ତେଣୁ ଗୋଟିଏ ରୋଧିତ ଓ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀର ଧାରକତ୍ୱ, ତାହା ନିକଟରେ ଅନ୍ୟ ଏକ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ପରିବାହୀ ସ୍ଥାପନ କରି, ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ବ୍ୟବସ୍ଥାକୁ **ଧାରିତ୍ର** କୁହାଯାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଦତ୍ତ ବିଭବରେ ଅଧିକ ପରିମାଣ ଚାର୍ଜ କିମ୍ବା ନିମ୍ନ ବିଭବରେ ଦତ୍ତ ପରିମାଣ ଚାର୍ଜ ସଞ୍ଚୟ କରାଯାଇପାରେ ।

କୌଣସି ଧାରକ, ପରସ୍ପର ନିକଟତମ ଗୋଟିଏ ରୋଧିତ ହୋଇଥିବା ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ A ଏବଂ ଅନ୍ୟ ଏକ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ପରିବାହୀ B ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ପରିବାହୀ B କୁ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ କରିବା ଯେ ନିତାନ୍ତ ପ୍ରୟୋଜନ ତାହା ନୁହେଁ ; କେବଳ ଉଭୟ ପରିବାହୀରେ ସମପରିମାଣ ବିପରୀତ ଚାର୍ଜ ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଦୁଇଟି ପରସ୍ପର ରୋଧିତ ଧାତବ ଫଳକକୁ ଭ୍ୟାନ୍ ଡି ଗ୍ରାଫ୍ ଜନିତ୍ର (Van de Graff Generator) ପ୍ରଭୃତି କୌଣସି ଯନ୍ତ୍ର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ଉଭୟ ଫଳକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିଭବାନ୍ତରରେ ବିପରୀତ ଭାବରେ ଚାର୍ଜିତ

ହୁଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା ଫଳକରେ କ୍ଷଣିକ ଶକ୍ତି ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ । ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଏହି ସଞ୍ଚିତ ଚାର୍ଜକୁ ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯନ୍ତ୍ରପାତି ମଧ୍ୟଦେଇ ପ୍ରବାହ କରାଇ ଶକ୍ତିର ପୁନର୍ଲାଭ କରାଯାଇପାରେ ।

ଧାରିତ୍ରର ବିଭବ ଓ ଧାରକତ୍ୱ :—ଧାରକରେ ଥିବା ରୋଧିତ ଓ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀର ବିଭବକୁ ଧାରକର ବିଭବ କୁହାଯାଏ । ଯେଉଁ ପରିବାହୀଟି ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ତାହାର ବିଭବ ଶୂନ୍ୟ ଓ ତେଣୁ ରୋଧିତ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀର ବିଭବ ଉଭୟ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର । ତେଣୁ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ତାହାର ରୋଧିତ ପରିବାହୀର ଧାରକତ୍ୱ ସହିତ ସମାନ ଅର୍ଥାତ ରୋଧିତ ପରିବାହୀର ଏକକ ବିଭବ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ଚାର୍ଜର ପରିମାଣକୁ ଧାରକର **ଧାରକତ୍ୱ** କୁହାଯାଏ । ଯଦି ରୋଧିତ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ Q ହୁଏ ଓ ବିଭବ V ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ

$$C = \frac{Q}{V}$$

କୌଣସି ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ—

(i) ପରିବାହୀ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ—ଧାରକରେ ଥିବା ରୋଧିତ ଓ ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଅଧିକ ହେଲେ ତାହାର ଧାରକତ୍ୱ ଅଧିକ ହୁଏ ।

(ii) ମାଧ୍ୟମ—ଧାରକର ଦୁଇ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଅଧିକ ହେଲେ ତାହାର ଧାରକତ୍ୱ ଅଧିକ ହେବ ।

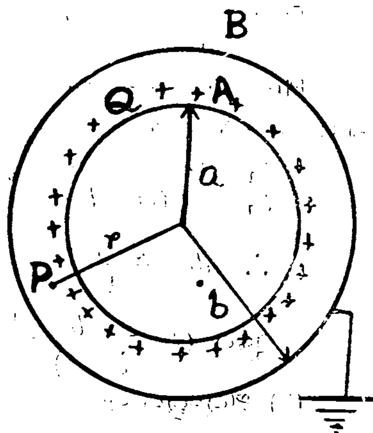
(iii) ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ—ଦୁଇ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ କମ ହେଲେ ଧାରକତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । କେତେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଧାରକର ପରିବାହୀଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ କେବଳ ଗୋଟିଏ ସରୁ ଅଭ୍ର ଫଳକ ସ୍ଥାପନ କରି ପରିବାହୀଦ୍ୱୟକୁ ପରସ୍ପରର ଅତି ନିକଟତମ କରାଯାଇଥାଏ ।

କୌଣସି ସଳଖ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ (D. C. Circuit) ଗୋଟିଏ ଧାରକ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ଏହା ମଧ୍ୟଦେଇ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ । ତେଣୁ ଅନେକ ସମୟରେ ସଳଖ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ସଳଖ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ ବନ୍ଦ କରିବା ପାଇଁ ଧାରକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ ଓ ଏହି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ବ୍ୟବହୃତ ଧାରକକୁ Blocking Condensor କୁହାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥରେ ଧାରକ ଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।

8·5 ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ଧାରିତ୍ରର ଧାରକତ୍ୱ :

1. ଗୋଲକୀୟ ଧାରିତ୍ର :–

(a) ବାହ୍ୟ ଗୋଲକ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ – ଏହି ଧାରିତ୍ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ a ଓ b ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇ-ଗୋଟି ସଂକେନ୍ଦ୍ରୀ ଧାତବ ଗୋଲକ (ଚିତ୍ର ନଂ 8·3) A ଓ B ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଏହାର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଗୋଲକ A ଵିଚ୍ଛିନ୍ନ ଓ ବାହ୍ୟ ଗୋଲକ B ଭୂସଂଯୁକ୍ତ । ଦୁଇ ଗୋଲକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଵିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା K ହେଉ । ଏହି ମାଧ୍ୟମ ମଧ୍ୟରେ କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା



(ଚିତ୍ର ନଂ 8.3)

$$E = \frac{Q}{Kr^2}$$

$$\therefore \; E = -\frac{dV}{dr}$$

$$\therefore \; dV = -E\,dr$$

ମନେକର ଦୁଇ ଗୋଲକ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର V

$$\therefore \; V = \int_b^a -E\,dr = \int_b^a -\frac{Q}{Kr^2}\,dr = \frac{Q}{K}\left[\frac{1}{r}\right]_b^a$$

$$= \frac{Q}{K}\left[\frac{1}{a} - \frac{1}{b}\right] = \frac{Q}{K}\frac{(b-a)}{ab}$$

ସୁତରାଂ ଧାରକତ୍ୱ

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Q\,(b-a)}{Kab}} = K \times \frac{ab}{(b-a)} \quad \ldots \quad \ldots \quad (8{\cdot}4)$$

ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମ ପାଇଁ K = 1,

ତେଣୁ $C = \frac{ab}{(b-a)}$ ଷ୍ଟାଟ୍ ଫାରାଡ୍

[ମି: କ: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ, $C = \frac{4\pi \in_0 Kab}{(b-a)}$ ଫାରାଡ୍]

ଅଲୋଚ୍ୟ (i)—ଉପରୋକ୍ତ ଗୋଲକାର ଧାରକରେ ବାହ୍ୟ ଗୋଲକ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଗୋଲକଠାରୁ ଅସୀମ ଦୂରତ୍ୱରେ ସ୍ଥାପିତ ହେଲେ $b=\infty$

$$\therefore\ C=\frac{K\,ab}{b-a}=Ka\left[\frac{1}{1-\frac{a}{b}}\right]=Ka \quad \ldots \quad (8.5)$$

ତେଣୁ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ଗୋଟିଏ ଗୋଲକାର ପରିବାହୀର ଧାରକତ୍ୱ ସହିତ ସମାନ ।

ଆଲୋଚ୍ୟ (ii)—ଯଦି ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଓ ବାହ୍ୟ ଗୋଲକର ପୃଷ୍ଠଭାଗର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଯଥାକ୍ରମେ S_1 ଓ S_2 ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$S_1=4\pi a^2 \quad \text{ଏବଂ} \quad S_2=4\pi b^2$$

$$S_1S_2=16\pi^2a^2b^2$$

$$\therefore\ ab=\frac{\sqrt{S_1S_2}}{4\pi}$$

$$\text{ସୁତରାଂ } C=\frac{K\,ab}{(b-a)}=\frac{K\sqrt{S_1S_2}}{4\pi(b-a)} \quad \ldots \quad \ldots \quad (8.6)$$

(b) **ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଗୋଲକ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ** :—ଯଦି ଗୋଲକାର ଧାରକର ବାହ୍ୟ (ଚିତ୍ର ନଂ 8 4) ଗୋଲକ B ବର୍ଜିତ ଓ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଗୋଲକ A ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟି ଦୁଇଟି ଧାରକରେ ପରିଣତ ହୁଏ—

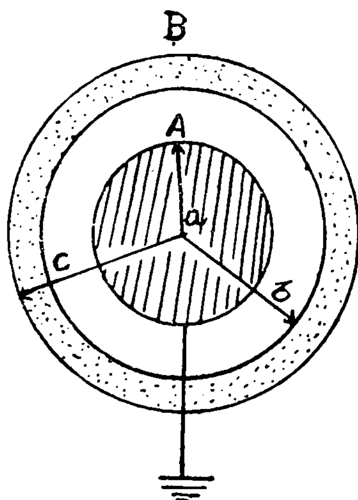
(i) ଗୋଟିଏ ଧାରକ ବାହ୍ୟଗୋଲକର ଭିତର ପୃଷ୍ଠ ଓ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଗୋଲକ ମଧ୍ୟରେ ଏବଂ ଏହାର ଧାରକତ୍ୱ

$$=\frac{K_1\,ab}{(b-a)}$$

ଏଠାରେ K_1 = ଦୁଇ ଗୋଲକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ।

(ii) ଅନ୍ୟ ଧାରକଟି ବାହ୍ୟ ଗୋଲକର ବାହାର ପୃଷ୍ଠ ଓ ତାହାର ପାରିପାର୍ଶ୍ୱିକ ଅର୍ଥାତ୍ ଭୂପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ଏବଂ ଏହାର ଧାରକତ୍ୱ = K_2b

ଏଠାରେ K_2 = ଗୋଲକ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଥିବା ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 8·4)

∴ ଦୁଇ ଧାରକର ମୋଟ ଧାରକତ୍ୱ

$$C = \frac{K_1\, ab}{(b-a)} + K_2 b \quad \cdots \quad \cdots \quad (8.7)$$

ମାଧ୍ୟମ ଯଦି ବାୟୁ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ $K_1 = K_2 = 1$

$$\therefore\ C = \frac{ab}{(b-a)} + b = \frac{b^2}{(b-a)} \quad \cdots \quad (8.8)$$

ଯଦି ବାହ୍ୟ ଗୋଲକର ବେଧ ଥାଏ ଓ ତାହାର ବାହ୍ୟ ପୃଷ୍ଠର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ c ହୁଏ ତାହାହେଲେ

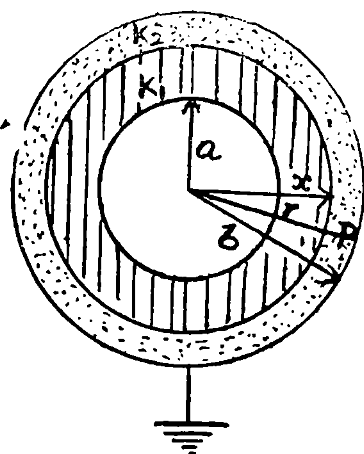
$$C = \frac{ab}{(b-a)} + c \quad \cdots \quad \cdots \quad (8.9)$$

(C) ମିଶ୍ର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଯୁକ୍ତ ଗୋଲାକାର ଧାରିତ୍ର :—

(Spherical condenser with Compound dielectric)

ମନେକର ଗୋଲାକାର ଧାରକର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଓ ବାହ୍ୟ ଗୋଲକ ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇଗୋଟି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଅଛି (ଚିତ୍ର ନଂ 8·5) ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ K_1 ଓ K_2 ହେଉ । ଏହି ଦୁଇ ମାଧ୍ୟମକୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରୁଥିବା ଗୋଲାକାର ପୃଷ୍ଠର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $= x$ । ଏଠାରେ ମନେକର ବାହ୍ୟ ଗୋଲକ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ଓ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଗୋଲକ ଚାର୍ଜିତ ଓ ତାହାର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ Q । କେନ୍ଦ୍ରରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା $E = \dfrac{Q}{Kr^2}$

$$= -\frac{dV}{dr}$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 8·5)

$\therefore\ dV = -E\,dr$

∴ Bରୁ A ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏକକ ଚାର୍ଜ ଆଣିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ଅର୍ଥାତ୍ B ଓ A ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ।

$$V = Q\left[\frac{1}{K_1}\int_x^a -\frac{dr}{r^2} + \frac{1}{K_2}\int_b^x -\frac{dr}{r^2}\right]$$

$$= Q\left[\frac{1}{K_1}\left(\frac{1}{r}\right)_x^a + \frac{1}{K_2}\left(\frac{1}{r}\right)_b^x\right]$$

$$= Q\left[\frac{1}{K_1}\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{x}\right) + \frac{1}{K_2}\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{b}\right)\right]$$

$$= Q\left[\frac{1}{K_1} \times \frac{x-a}{ax} - \frac{1}{K_2} \times \frac{b-x}{bx}\right]$$

$$= Q\left[\frac{K_2 b\,(x-a) - K_1 a(b-x)}{K_1 K_2 abx}\right]$$

$$= Q\left[\frac{x(K_2 b - K_1 a) - ab(K_2 - K_1)}{K_1 K_2 abx}\right]$$

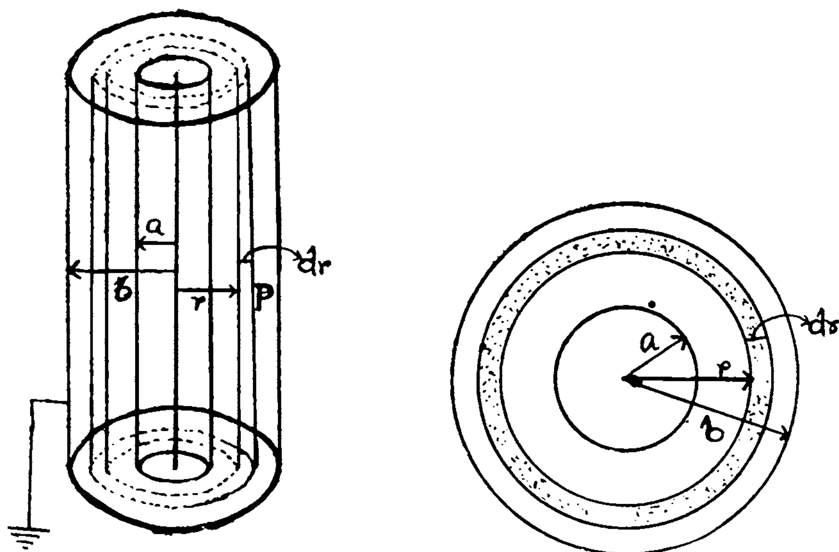
$$\therefore\ C = \frac{Q}{V} = \frac{K_1 K_2 abx}{x(K_2 b - K_1 a) - ab(K_2 - K_1)}$$

ଷ୍ଟାଟ୍‌ଫାରଡ୍ ··· ··· ···(8-10)

(2) ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଧାରିତ୍ର (Cylindrical capacitor) :—

ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଧାରକ ବିଭିନ୍ନ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ସମଅକ୍ଷୀୟ ସ୍ତମ୍ଭକ (ଚିତ୍ର ନଂ 8·6) ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଏଥିର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ସ୍ତମ୍ଭକଟି ରୋଧିତ ଓ ଗ୍ରାଉଣ୍ଡେଡ଼ ଏବଂ ବାହ୍ୟ ସ୍ତମ୍ଭକଟି ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଉଭୟ ସ୍ତମ୍ଭକ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ରୋଧକ ମଧ୍ୟ ନିଆଯାଇଥାଏ । ସମୁଦ୍ର ତଳସ୍ଥ ଟେଲିଗ୍ରାଫ୍ ତାର (Cable) ଏହି ପ୍ରକାର ଧାରକର ଏକ ଉଦାହରଣ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ପରିବାହୀ ଗୋଟିଏ ତମ୍ବା ତାର ଓ ତାହା ଗ୍ରାଉଣ୍ଡେଡ଼ ହୋଇଥାଏ, ଏବଂ ସମୁଦ୍ରର ଲୁଣପାଣି ବାହ୍ୟ ପରିବାହୀ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ତାହା ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ତମ୍ବାତାର ଉପରେ ପୋଲିଷ୍ଟିରିନ୍ (Polystyrene) ପ୍ରଭୃତି କୌଣସି ରୋଧି ପଦାର୍ଥର ଏକ ଆବରଣ ଥାଏ ଓ ତାହା ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ରୋଧକର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।

ମନେକର, a = ଅଭ୍ୟନ୍ତର ସ୍ତମ୍ଭକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ
b = ବାହ୍ୟ ସ୍ତମ୍ଭକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ
K = ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ
Q = ଅଭ୍ୟନ୍ତର ସ୍ତମ୍ଭକର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପାଇଁ ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 4·6)

ଅଭ୍ୟନ୍ତର ସ୍ତମ୍ଭକର ଅକ୍ଷଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$E = -\frac{dV}{dr} = \frac{2Q}{Kr}$$; (ଗସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମାନୁଯାୟୀ)

ବାହ୍ୟ ସ୍ତମ୍ଭକରୁ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ସ୍ତମ୍ଭକ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଗୋଟିଏ ଏକକ ଚାର୍ଜ ନେବା ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ଅର୍ଥାତ୍ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଓ ବାହ୍ୟ ସ୍ତମ୍ଭକ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର

$$V = \int_b^a -E\,dr = -\int_b^a \frac{2Q}{Kr}\,dr = -\frac{2Q}{K}\Big[\log_e r\Big]_b^a .$$

$$\frac{2Q}{K}\log_e\frac{b}{a}$$

∴ ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟପାଇଁ ଧାରକତ୍ୱ

$$C=\frac{Q}{V}=\frac{K}{2\log_e\frac{a}{b}}$$ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ

ଧାରକର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଯଦି l ସେ: ମି: ହୁଏ ତାହାହେଲେ

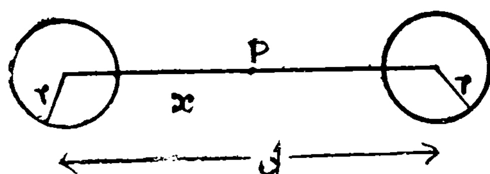
$$C=\frac{Kl}{2\log_e\frac{b}{a}}\text{ ଷ୍ଟାଟ୍‌ଫାରାଡ୍}=\frac{Kl}{2\times2{\cdot}303\log_{10}\frac{b}{a}\times9\times10^{6}}\ \mu f$$

... ... (8·11)

[ମି:କି:ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ, $C=\frac{2\pi\in_0 Kl}{2{\cdot}303\log_{10}\frac{b}{a}}$ ଫାରାଡ୍]

ଏଠାରେ l, a ଓ b ମିଟର ଏକକରେ ମାପ କରାଯାଏ ।

ଦୁଇଟି ଦୀର୍ଘ ସମାନ୍ତରାଳ ପରିବାହୀ ତାର ମଧ୍ୟରେ ଧାରକତ୍ୱ :— ଟେଲିଗ୍ରାଫ୍, ଟେଲିଫୋନ୍ କିମ୍ବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ସରବରାହ କରୁଥିବା ଦୀର୍ଘ ଲାଇନ୍ ତାର ପରସ୍ପର ସହିତ ସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଥାଏ । ଚିତ୍ର ନଂ 8·7 ରେ ପରସ୍ପରଠାରୁ d ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏହିପରି ଦୁଇଟି ତାରର ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ A ଓ B ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ପ୍ରତ୍ୟେକର ପ୍ରତ୍ୟେକ



(ଚିତ୍ର ନଂ 8·7)

ତାରର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r ଏବଂ ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପାଇଁ ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ q । ଦୁଇ ତାର ମଧ୍ୟରେ ଓ A ଠାରୁ x ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ତୀବ୍ରତା

$$E=E_A+E_B=2q\left[\frac{1}{x}+\frac{1}{d-x}\right]$$

$$\because\ E=-\frac{dV}{dx}$$

∴ ଦୁଇ ତାର ମଧ୍ୟରେ ବିଭବ ପ୍ରଭେଦ

$$V = \int_{d-r}^{r} -E dx = \int_{r}^{d-r} E dx = 2q \int_{r}^{d-r} \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{d-x}\right) dx$$

$$= 2q\left[\log_e x - \log_e (d-x)\right]_r^{d-r}$$

$$= 4q \log \frac{d-r}{r} \text{ ଷ୍ଟାଟଭୋଲ୍ଟ}$$

∴ ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟପାଇଁ ଧାରକତ୍ୱ

$$C = \frac{q}{V} = \frac{1}{4 \log_e \frac{d-r}{r}}$$

$$\because r << d$$

$$C = \frac{1}{4 \log_e \frac{d}{r}} \text{ ଷ୍ଟାଟଫାରାଡ୍/ସେ:ମି:}$$

$$= \frac{1}{2{\cdot}3 \times 4 \log_{10} \frac{d}{r} \times 9 \times 10^5} \mu f/\text{ସେ:ମି:} \quad \cdots \quad (8.12)$$

ଉଦାହରଣ (୧) :—ଗୋଟିଏ ସାଗର ତଳସ୍ଥ ଟେଲିଗ୍ରାଫ୍ ତାରର (Submarine cable) ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 2 ମି;ମି: ଓ ତାହା ଉପରେ 2 ମି:ମି: ମୋଟା ଗୋଟିଏ ଅପରିବାହୀ ବଦ୍ୟୁତ୍ ଧାରକର (K=5) ଆବରଣ ଅଛି । ସମୁଦ୍ର ପାଣି ଭିତରେ ଥିବାବେଳେ ଏହି ତାରର ଏକ କିଲୋମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପାଇଁ ଧାରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ $a = 0{\cdot}2$ ସେ:ମି:, $b = 0{\cdot}4$ ସେ:ମି:, $l = 10^5$ ସେମି:

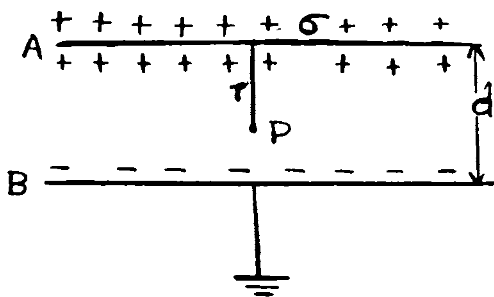
$$C = \frac{Kl}{2 \times 2{\cdot}303 \times \left(\log_{10} \frac{b}{a}\right) \times 9 \times 10^5} \mu f$$

$$= \frac{5 \times 10^5}{2 \times 2{\cdot}303 \left(\log_{10} \frac{{\cdot}4}{{\cdot}2}\right) \times 9 \times 10^5} \mu f$$

$$= \frac{5\times10^6}{2\times2{\cdot}303\times9\times10^9\times\log_{10}2}\ \mu f$$
$$=0{\cdot}483\ \mu f$$

3—ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ ଧାରିତ୍ର (Parallel plate capacitor) :—

(a) ଏହି ପ୍ରକାର ଧାରକରେ ଦୁଇଟି ସମତଳ ଧାତବ ଫଳକ A ଓ B (ଚିତ୍ର ନଂ 8·8) ପରସ୍ପରଠାରୁ ସାମାନ୍ୟ ବ୍ୟବଧାନରେ ସମାନ୍ତରାଳ ଭାବରେ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥାଏ । ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ଫଳକ A ରୋଧିତ ଓ ଚାର୍ଜିତ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ଫଳକ B ଭୂସଂଯୁକ୍ତ । ଫଳକ ଦ୍ୱୟର ଆକୃତି ଓ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ସମାନ ହୋଇଥିବାରୁ ଓ ସେମାନେ ସାମାନ୍ୟ ବ୍ୟବଧାନରେ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥିବାରୁ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ସରଳ ଓ ସମାନ୍ତରାଳ ଅର୍ଥାତ୍ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବଳକ୍ଷେତ୍ର ସୁଷମ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 8·8)

ମନେକର

d = ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ
E = " " ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା
A = ଫଳକର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ
Q = ଚାର୍ଜିତ ଫଳକର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ
K = ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ

ଦୁଇଫଳକ ମଧ୍ୟରେ A ଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁ ରେ ତୀବ୍ରତା

$$E = -\frac{dV}{dr} \qquad \therefore\ dV = -E\,dr$$

∴ ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର

$$V = \int_d^0 -E\,dr = \int_d^0 -\frac{4\pi\sigma}{K}dr = \frac{4\pi\sigma d}{K}$$

ଏଠାରେ σ = ଘୃକର ପୃଷ୍ଠ ସାନ୍ଦ୍ରତା $= \frac{Q}{A}$

$$\therefore V = \frac{4\pi Qd}{KA}$$

∴ ଧାରକତ୍ୱ $C = \frac{Q}{V} = \frac{KA}{4\pi d}$ ସ୍ଥି: ବୈ: ଏକକ.... .... (8 13)

[ମି: କ: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ $C = \frac{\epsilon_0 KA}{d}$ ଫାରାଡ଼୍]

ଯଦି ଦୁଇଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ବାୟୁ ଥାଏ ତାହାହେଲେ $K = 1$

$$C = \frac{A}{4\pi d}$$

ଯଦି ଗୋଟିଏ ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ ବାୟୁ ଧାରଣରେ ଦୁଇଟି ଫଳକ ପରିବର୍ତ୍ତେ n ସଂଖ୍ୟକ ଫଳକ ପରସ୍ପରଠାରୁ ସମାନ ଦୂରତ୍ୱରେ ଥାଏ ଓ ଏକାନ୍ତର (aternate) ଫଳକଗୁଡ଼ିକ ଏକତ୍ର ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ଏହି ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଧାରକତ୍ୱ

$$C = \frac{(n-1)A}{4\pi d} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \ (8\text{·}13a)$$

ଯଦି ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ K ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$C = \frac{(n-1)KA}{4\pi d} \text{ ସ୍ଥି: ବୈ: ଏ: } \quad .... \quad .... \quad .... (8\text{·}13b)$$

(b) ମିଶ୍ର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଯୁକ୍ତ ସମାନ୍ତରାଳ ଧାରିତ୍ର :—
(Parallel plate Capacitor with compound dielectric)

ମନେକର ଗୋଟିଏ ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ ଧାରଣ ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ମାଧ୍ୟମ D_1 ଓ D_2 ଅଛି ଏବଂ ସେହି ମାଧ୍ୟମ ଦ୍ୱୟର (ଚିତ୍ର ନଂ 8·9) ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ K_1 ଓ K_2 ।

ମନେକର $d =$ ଫଳକ A ଓ B ର ବ୍ୟବଧାନ

$t =$ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ମାଧ୍ୟମ D_2 ର ବେଧ

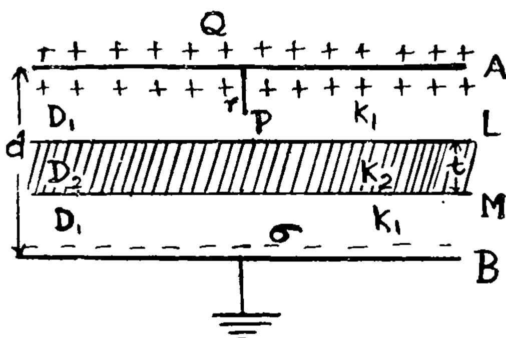
$A =$ ଚାର୍ଜିତ ଫଳକ A ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ

$E_1 =$ ମାଧ୍ୟମ D_1 ମଧ୍ୟରେ ଅର୍ଥାତ୍ AL ଓ MB ମଧ୍ୟରେ ତୀବ୍ରତା ।

$E_2 =$ ମାଧ୍ୟମ D_2 ରେ ଅର୍ଥାତ୍ LM ମଧ୍ୟରେ ତୀବ୍ରତା

$Q =$ ଫଳକ A ର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ

$\sigma = \frac{Q}{A} +$ ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠ ସାନ୍ଦ୍ରତା



(ଚିତ୍ର ନଂ ୪·୨)

ଦୁଇ ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା D_1 ମାଧ୍ୟମରେ ଅର୍ଥାତ୍ AL ଓ MB ମଧ୍ୟରେ ଏକକ ଚାର୍ଜ ନେବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ

$$= E_1 (d-t) = \frac{4\pi\sigma}{K_1}(d-t)$$

$$\left(\therefore\ E = \frac{4\pi\sigma}{K},\ \text{କୁଲମ୍ବଙ୍କ ଉପପାଦ୍ୟ}\right)$$

ସେହିପରି D_2 ମାଧ୍ୟମରେ ଅର୍ଥାତ୍ LM ମଧ୍ୟରେ ଏକକ ଚାର୍ଜ ନେବାପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ

$$E_2\, t = \frac{4\pi\sigma}{K_2} \times t$$

ସୁତରାଂ Bରୁ A ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏକକ ଚାର୍ଜ ନେବାପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ ଅର୍ଥାତ୍ B ଓ A ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର

$$V = E_1\,(d-t) + E_2 t$$

$$= 4\pi\sigma\left[\frac{d-t}{K_1} + \frac{t}{K_2}\right]$$

$$\therefore \text{ ଧାରକତ୍ୱ } C = \frac{Q}{V} = \frac{\sigma A}{V} = \frac{\sigma A}{4\pi\sigma\left[\frac{d-t}{K_1} + \frac{t}{K_2}\right]}$$

$$= \frac{A}{4\pi\left(\frac{d}{K_1} - \frac{t}{K_1} + \frac{t}{K_2}\right)} = \frac{K_1 K_2 A}{4\pi\,[K_2 d - (K_2 - K_1)t]}$$

... ... (୨·14)

ଯଦି D_1 ମାଧ୍ୟମ ବାୟୁ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ $K_1 = 1$, ଏବଂ ମନେକର $K_2 = K$

$$\therefore C = \frac{A}{4\pi\left[d - \left(\frac{K_2 - 1}{K_2}\right)\times t\right]} = \frac{A}{4\pi\left(d - t + \frac{t}{K}\right)}$$

... ... (8·15)

ସୁତରାଂ କୌଣସି ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ ଧାରିତ୍ରର ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମ ଥିଲେ ତାହାର ଧାରକତ୍ୱ ଯାହା ହୁଏ, ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଆଂଶିକ ବାୟୁ ଓ ଆଂଶିକ ଅନ୍ୟ ଏକ ମାଧ୍ୟମ ରହିଲେ ତାହାର ଧାରକତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ଧାରିତ୍ରର ପୂର୍ବ ଧାରକତ୍ୱ ବଜାୟ ରଖିବାପାଇଁ ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ $\frac{K_2 - 1}{K_2} \times t$ ବୃଦ୍ଧିକରିବାକୁ ହେବ ।

ବିକଳ୍ପ ରୀତି :– ଚାର୍ଜିତ ଫଳକ A ଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା

$$E = -\frac{dV}{dr}$$

$$\therefore\ dV = -Edr = -\frac{4\pi\sigma}{K}dr$$

B ଠାରୁ A ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏକକ ଚାର୍ଜ ନେବାପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ A ଓ B ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର । A ଓ B ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେଲେ ଉଭୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ବିସ୍ତୃତିକୁ ନେଇ ଉଚିତ ସୀମା ମଧ୍ୟରେ ସମୀକରଣ (8·14) କୁ ସମାକଳନ କରିବାକୁ ହେବ । A ଓ B ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର

$$V = \int_{d-t}^{0} -\frac{4\pi\sigma}{K_1}\,dr + \int_{r}^{0} -\frac{4\pi\sigma}{K_2}\,dr$$

$$= 4\pi\sigma\left[\frac{d-t}{K_1} + \frac{t}{K_2}\right]$$

$$= 4\pi\,\frac{Q}{A}\left[\frac{K_2 d - (K_2 - K_1)\,t}{K_1 K_2}\right]$$

$$\therefore\ C = \frac{Q}{V} = \frac{AK_1K_2}{4\pi\,[K_2 d - (K_2 - K_1)\,t]}$$

ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ ... ... (8·15a)

ଉଦାହରଣ (1) :—ଦୁଇଟି ସମତଳ ଧାତବ ଫଳକ ଓ ·05 ସି: ମି: ବେଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଅଭ୍ରଫଳକ ଅଛି । ଅଭ୍ର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଯଦି 6 ହୁଏ ତାହାହେଲେ 0·005 ମାଇକ୍ରୋଫାରାଡ୍ ଧାରକତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଧାରକ ନିର୍ମାଣ କରିବା ପାଇଁ ଧାତବ ଫଳକର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ମନେକର ଫଳକର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $= A$; $d = \cdot 05 = \cdot 005$ ସେ: ମି:

$$\therefore\ C = \frac{KA}{4\pi d} \text{ ଷ୍ଟାଟ୍‌ଫାରାଡ୍}$$

$$= \frac{KA}{4\pi d \times 9 \times 10^{11}} \text{ ଫାରାଡ୍}$$

$$\therefore\ \cdot 005 = \frac{KA}{4\pi d \times 9 \times 10^{5}} \text{ ମାଇକ୍ରୋଫାରାଡ୍}$$

$$\therefore\ A=\frac{4\pi\times\cdot005\times9\times10^5}{6}$$

$$=\frac{\cdot005\times4\times3\cdot1416\times.005\times9\times10^5}{6}$$

=47 ବର୍ଗ ସେ: ମି:

ଉଦାହରଣ (2) :—ଗୋଟିଏ ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ ଧାରକରେ ଥିବା କାଗଜର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 36 ବର୍ଗ ସେ: ମି: ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ 2 5 । ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ଯଦି 0.001 ମାଇକ୍ରୋଫାରାଡ୍ ହୁଏ ତାହାହେଲେ କାଗଜର ବେଧ (Thickness) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ $A=36$ ବର୍ଗ ସେ: ମି:, $K=2.5$, $C=0.001\mu f$

$$C=\frac{KA}{4\pi d\times9\times10^5}\ \mu f$$

କିମ୍ବା $.001=\dfrac{2.5\times36}{4\pi d\times9\times10^5}$

କିମ୍ବା $d=\dfrac{2.5\times36}{4\pi\times.001\times9\times10^5}=\dfrac{1}{12\ 56\ \times10}$ ସେ:ମି:

=0.08 ମି: ମି:

ଉଦାହରଣ (3) ଯଦି କାଗଜର ବେଧ 0.1 ମି: ମି: ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ 4 ହୁଏ ତାହାହେଲେ 0.1 ମାଇକ୍ରୋଫାରାଡ୍ ଧାରକତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ କାଗଜ ଧାରକ ନିର୍ମାଣ କରିବା ପାଇଁ 10 ସେ: ମି: ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ କେତେ ସଂଖ୍ୟକ ଧାତବ ଫଳକ ଆବଶ୍ୟକ ହେବ ?

ଏଠାରେ $K=4$, $d=0.01$ ସେ: ମି:, $A=\pi\times100$ ବର୍ଗ ସେ: ମି:
ମନେକର ଫଳକ ସଂଖ୍ୟା $=n$

$$C=\frac{(n-1)\ KA}{4\pi d}$$ ସ୍ଥି: ବୈ: ଏ:

$$=\frac{(n-1)\ KA}{4\pi d\times9\times10^5}$$ ମାଇକ୍ରୋଫାରାଡ୍

$$0{\cdot}1 = \frac{(n-1)\ 4 \times \pi \times 100}{4\pi \times (\cdot 01) \times 9 \times 10^5}$$

କିମ୍ବା $0{\cdot}1 = \frac{(n-1)}{90}$

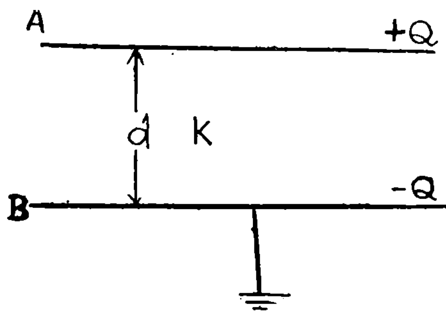
$\therefore\ n = 10$

୪.6 ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ ଧାରିତ୍ରର ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ବଳ :

ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ ଧାରିତ୍ରର (ଚିତ୍ର ନଂ 8.10) A ଓ B ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ d ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ K । ଧାରିତ୍ରଟି ଚାର୍ଜିତ ହୋଇଥିବାବେଳେ (i) ଦୁଇ ଫଳକର ଚାର୍ଜ ସ୍ଥିର ହୋଇଥିବା ସମୟରେ ଓ (ii) ଦୁଇ ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ସ୍ଥିର ହୋଇଥିବା ସମୟରେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ବଳ ବିଚାର କରାଯାଇପାରେ ।

(i) ଫଳକର ଚାର୍ଜ ସ୍ଥିର :—

ମନେକର ଫଳକ A ଚାର୍ଜିତ ଓ ଫଳକ b (ଚିତ୍ର ନଂ 8.10) ଭୂସଂଯୁକ୍ତ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଫଳକ A ରେ $+Q$ ଚାର୍ଜ ଓ ଫଳକ B ରେ ସମପରିମାଣ $-Q$ ଚାର୍ଜ ରହିବ । ମନେକର ଫଳକ Aର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A । ସୁତରାଂ



(ଚିତ୍ର ନଂ 8· 0)

ଫଳକ ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠସାନ୍ଦ୍ରତା $\sigma = \frac{Q}{A}$

ଏଠାରେ ଫଳକ ଦ୍ୱୟର ଭିତର ପୃଷ୍ଠର ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ ଅର୍ଥାତ୍ ବାହ୍ୟ ଦିଗରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଚାପ $= \frac{2\pi\sigma^2}{K} = \frac{2\pi}{K} \times \frac{Q^2}{A^2}$

∴ ଫଳକ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ

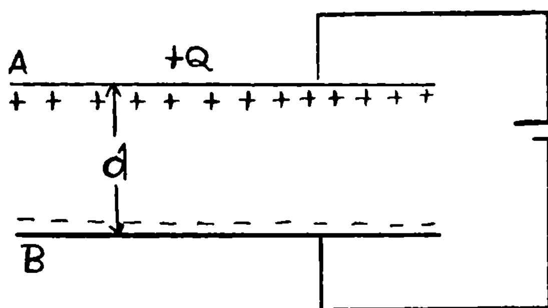
$$=\frac{2\pi Q^2}{KA} \text{ ଡାଇନ୍} \quad \cdots \quad \cdots \quad (8{\cdot}15)$$

ସୁତରାଂ **ଯଦି କୌଣସି ଧାରିତ୍ରର ଚାର୍ଜ ସ୍ଥିର ରହେ ତାହାହେଲେ ତାହାର ଫଳକ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ବଳ K ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ।**

ଫଳକ ଦ୍ୱୟକୁ d ବ୍ୟବଧାନ ପୃଥକ କରିବା ପାଇଁ ଅବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ

$$W = F \times d = \frac{2\pi Q^2}{KA} \times d \text{ ଅର୍ଗ} \quad \cdots \quad \cdots \quad (8.\ 6a)$$

(ii) **ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ସ୍ଥିର :**—ଧାରକର ଫଳକ A ଓ Bକୁ ଯଥାକ୍ରମେ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ସ୍ଥିର ରହେ (ଚିତ୍ର ନଂ 8.11) ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 8.11)

$$Q = CV$$

$$= \frac{KA}{4\pi d} \times V$$

ସୁତରାଂ ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପାଇଁ ବଳ

$$F = \frac{2\pi}{K}\frac{Q^2}{A^2} = \frac{2\pi}{K} \times \frac{K^2A^2V^2}{A^2 16\pi^2 d^2} = \frac{KV^2}{8\pi d^2} \text{ ଡାଇନ}$$

∴ ଫଳକ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ

$$F = \frac{KAV^2}{8\pi d^2} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (8{\cdot}16b)$$

ସୁତରାଂ **ଯଦି କୌଣସି ଧାରିତ୍ରର V ସ୍ଥିର ରହେ ତାହାହେଲେ ଆକର୍ଷଣ ବଳ K ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ହୁଏ ।**

୪·7 ଚାର୍ଜିତ ଧାରିତ୍ରରେ ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତି :

କୌଣସି ଧାରକକୁ ଚାର୍ଜ କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟକୁ ଉକ୍ତ ଧାରକର ଶକ୍ତି କୁହାଯାଏ । ଯଦି ଧାରକର ବିଭବାନ୍ତର V ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଧାରକ ମଧ୍ୟକୁ dQ ଚାର୍ଜ ଆଣିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ

$$dW = VdQ$$

ତେଣୁ ଧାରକରେ Q ଚାର୍ଜ ଯୋଗ କରିବାପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ

$$W = \int_0^Q VdQ = \int_0^Q \frac{Q}{C}\, dQ = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$$

$$= \frac{1}{2}QV = \frac{1}{2}CV^2 \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots (8{\cdot}17)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରେ ଯଦି Q, C ଓ V ଯଥାକ୍ରମେ 'କୁଲମ୍', 'ଫାରାଡ୍' ଓ 'ଭୋଲ୍ଟ' ଏକକରେ ମାପ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ କାର୍ଯ୍ୟକୁ 'ଜୁଲ୍' ଏକକରେ ପ୍ରକାଶ କରିବାକୁ ହେବ ।

ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ ଧାରକର $C = \frac{KA}{4\pi d}$, $V = Ed$

$$\therefore \; W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} \times \frac{KA}{4\pi d} \times \frac{E^2 d^2}{1}$$

ଧାରକର ଆୟତନ $= Ad$

$$\therefore \text{ ଏକକ ଆୟତନ ପାଇଁ ଶକ୍ତି} = \frac{W}{Ad} = \frac{1}{2} \times \frac{KA}{4\pi d} \times \frac{E^2 d^2}{Ad}$$

$$= \frac{KE^2}{8\pi} \text{ ଅର୍ଗ/ଘନ ସେ: ମି:} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots (8{\cdot}18)$$

[ମି:କି:ସେ ପଦ୍ଧତିରେ ଶକ୍ତିର ଘନ ସାନ୍ଦ୍ରତା $= \frac{K\epsilon_0 E^2}{2}$]

ଏହି ଶକ୍ତି ଧାରକର ବିଦ୍ୟୁତ୍ପାରକ ମାଧ୍ୟମରେ ରହେ ।

ଉଦାହରଣ (1) :—ଯଦି ଭୂପୃଷ୍ଠକୁ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଗୃର୍ଜିତ ଗୋଲକ ଧରାଯାଏ ଓ ତାହାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା 3 ଭୋଲ୍ଟ/ସେ:ମି: ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଭୂପୃଷ୍ଠର ଗୃର୍ଜ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବିସର୍ଜିନ ହେଲେ କେତେ ତାପ ଉଦ୍ଭବ ହେବ ? (ପୃଥିବୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $=6{\cdot}4\times10^8$ ସେ:ମି:)

$$E=3 \text{ ଭୋଲ୍ଟ/ସେ:ମି:}=\frac{3}{300}=\frac{1}{100} \text{ ସ୍ଥି:ବୈ:ଏ:}$$

$$E=4\pi\sigma=4\pi\frac{Q}{A};\ A=4\pi(6{\cdot}4\times10^8)^2$$

$$\therefore\ \frac{1}{100}=\frac{4\pi Q}{4\pi(6{\cdot}4\times10^8)^2}=\frac{Q}{(6{\cdot}4\times10^8)^2}$$

$$\therefore\ Q=\frac{6{\cdot}4\times6{\cdot}4\times10^{16}}{100}=6{\cdot}4\times6{\cdot}4\times10^{14} \text{ ସ୍ଥି:ବୈ:ଏ}$$

$$\text{ଶକ୍ତି}=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}=\frac{1}{2}\frac{(6{\cdot}4)^2(6{\cdot}4)^2\times10^{28}}{6{\cdot}4\times10^8}=3{\cdot}2\times(6{\cdot}4)^3\times10^{20} \text{ ଅର୍ଗ}$$

$$\text{ତାପଶକ୍ତି } H=\frac{W}{J}=\frac{3{\cdot}2\times(6{\cdot}4)^3\times10^{20}}{4{\cdot}2\times10^7}=3{\cdot}2\times10^{14} \text{ କ୍ୟାଲରି}$$

ଉଦାହରଣ (2) :—ଦୁଇଟି ମେଘ ବୁନ୍ଦାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଯଥାକ୍ରମେ 1 ମି:ମି: ଓ 2 ମି:ମି: ଓ ବିଭବ ଯଥାକ୍ରମେ 20 ଷ୍ଟାଟ୍ ଭୋଲ୍ଟ ଓ 30 ଷ୍ଟାଟଭୋଲଟ । ମେଘବୁନ୍ଦାଦ୍ୱୟ ମିଶିଯାଇ ଗୋଟିଏ ମେଘ ବୁନ୍ଦାରେ ପରିଣତ ହେଲେ, ମିଶିଯିବା ଦ୍ୱାରା ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଓ ମେଘ ବୁନ୍ଦାର ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$r_1=\cdot1$ ସେ:ମି $r_2=\cdot2$ ସେ:ମି

$\therefore\ c_1=\cdot1$ ସେ:ମି $\therefore\ c_1=\cdot2$ ସେ:ମି

$v_1=20$ ଷ୍ଟାଟ୍ଭୋଲ୍ଟ $v_2=30$ ଷ୍ଟାଟ୍ଭୋଲ୍ଟ

ଦୁଇ ମେଘବୁନ୍ଦାର ଶକ୍ତି $=\frac{1}{2}c_1v_1^2+\frac{1}{2}c_2v_2^2=\frac{1}{2}(\cdot1)+400\frac{1}{2}(\cdot2)\times900$
$=20+90=100$ ଅର୍ଗ

ଦୁଇ ମେଘବୁନ୍ଦାର ମୋଟ ଗୃର୍ଜ $=c_1v_1+c_2v_2=\cdot1\times20+\cdot2\times30$
$=2+6=8$ ଷ୍ଟାଟ୍କୁଲମ୍

ଏକତ୍ରିତ ହେବା ପରେ ଜଳବୁନ୍ଦାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ R ହେଉ

$$\therefore \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi\left[(\cdot 1)^3 + (\cdot 2)^3\right] = \frac{4}{3}\pi \times \cdot 009$$

$r = \sqrt[3]{\cdot 009} = \cdot 208$ ସେମି:

ନୂତନ ଶକ୍ତି $= \frac{1}{2}\frac{q^2}{c} = \frac{1}{2}\frac{8\times 8}{\cdot 208} = .153\cdot 8$ ଅର୍ଗ

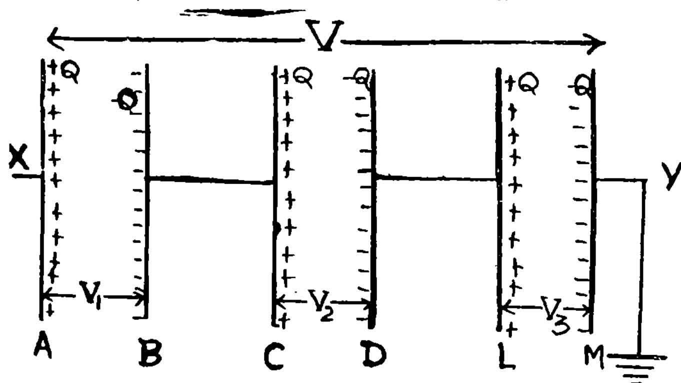
$\therefore$ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ $153\cdot 8 - 110 = 43\cdot 8$ ଅର୍ଗ; ନୂତନ ବିଭବ

$$= \frac{8}{\cdot 208} = 38\cdot 4 \text{ ଷ୍ଟାଟ୍ଭୋଲ୍ଟ}$$

୪.୪ ଧାରିତ୍ରର ସମବାୟ (Grouping of Capacitors) :

କୌଣସି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥରେ ପ୍ରୟୋଜନ ଅନୁଯାୟୀ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଧାରକକୁ (i) ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ବା (ii) ସମାନ୍ତରଭୁକ୍ତ କରାଯାଇପାରେ ।

(i) ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ଧାରିତ୍ର :—ଯଦି କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଧାରକକୁ ପରସ୍ପର ସହିତ ଏପରି ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଯେ ପ୍ରଥମ ଧାରକର ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଫଳକ ଦ୍ୱିତୀୟ ଧାରକର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଫଳକ ସହିତ ଏହିପରି ଭାବରେ ସମସ୍ତ ଧାରକ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ଧାରକଗୁଡ଼ିକ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ (ଚିତ୍ର ନଂ ୪.12) ହୋଇଥିବାର କୁହାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ ୪.12)

ଫଳକ Aକୁ $+Q$ ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱାରା ଚାର୍ଜ କଲେ ପ୍ରେରଣ ଦ୍ୱାରା ଫଳକ Bରେ $-Q$ ଓ ଫଳକ Cରେ $+Q$ ଏହିପରି ଭାବରେ ବିଭିନ୍ନ ଧାରକର ସମସ୍ତ ଫଳକ ଚାର୍ଜିତ ହେବ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ ସମାନ ହେବ । ଯଦି ପ୍ରଥମ ଓ ଶେଷ ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ

ବିଭବାନ୍ତର V ଓ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଧାରକର ଫଳକ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ଯଥାକ୍ରମେ V_1, V_2 ଓ V_3 ହୁଏ ତାହାହେଲେ $V = V_1 + V_2 + V_3$

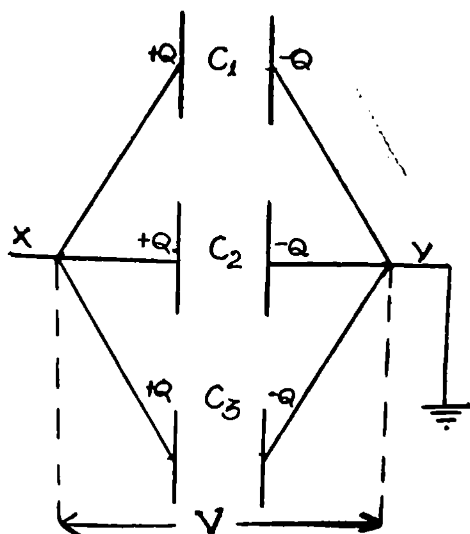
ଯଦି ପ୍ରତ୍ୟେକ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ C_1, C_2 ଓ C_3 ହୁଏ ଓ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିର ମୋଟ ଧାରକତ୍ୱ C ହୁଏ ତାହାହେଲେ $V = \frac{Q}{C}$, $V_1 = \frac{Q}{C_1}$,

$$\therefore \frac{Q}{C} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

କିମ୍ବା $$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad .... \quad ... \quad ... \quad (8{\cdot}19)$$

ସୁତରାଂ **କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଧାରିତ୍ର ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ହେଲେ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିର ମୋଟ ବା ତୁଲ୍ୟମାନ ଧାରକତ୍ୱର ବିଦ୍ୟୁତ୍କ୍ରମ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଧାରକତ୍ୱର ବ୍ୟୁତ୍କ୍ରମର ଯୋଗଫଳ ସହିତ ସମାନ ।**

(ii) **ସମାନ୍ତର ଭୁକ୍ତ ଧାରିତ୍ର** :—ଯଦି କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଧାରକର ସମସ୍ତ ଧନ ଭାତ୍ମକ ଫଳକ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଓ ସମସ୍ତ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଫଳକ ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ଧାରକଗୁଡ଼ିକ ସମାନ୍ତରାଳ ଭୁକ୍ତ (ଚିତ୍ର ନଂ 8·13) ହୋଇଥିବାର କୁହାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 8·13)

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସମସ୍ତ ଧାରକର ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର V । ମନେକର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ C_1, C_2 ଓ C_3 ଓ ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ ଯଥାକ୍ରମେ Q_1, Q_2 ଓ Q_3 ।

ସୁତରାଂ $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

ଯଦି ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିର ତୁଲ୍ୟମାନ ଧାରକତ୍ୱ C ହୁଏ ତାହାହେଲେ $Q = CV$, $Q_1 = C_1V$, $Q_2 = C_2V$, $Q_3 = C_3V$

$$\therefore CV = C_1V + C_2V + C_3V$$

କିମ୍ବା $$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad ... \quad ... \quad ...(8{\cdot}20)$$

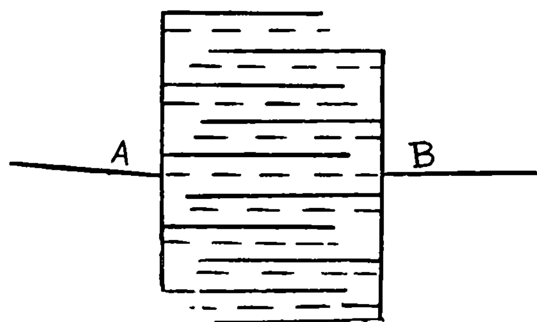
ସୁତରାଂ **କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଧାରିତ୍ର ସମାନ୍ତର ଭୁକ୍ତ ହେଲେ ସେମାନଙ୍କର ତୁଲ୍ୟମାନ ଧାରକତ୍ୱ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଧାରକତ୍ୱର ଯୋଗଫଳ ସହିତ ସମାନ ।**

୪·୨ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ଧାରିତ୍ର :

1—**ଲିଡ଼େନ୍ ଜାର୍** (Leyden jar) :—ଏହି ଧାରକ ଅଷ୍ଟାଦଶ ଶତାବ୍ଦୀରେ ହଲାଣ୍ଡର ଲିଡେନ୍ ନାମକ ସ୍ଥାନରେ ପ୍ରଥମେ ଉଦ୍ଭାବିତ ହୋଇଥିଲା । ଗୋଟିଏ କାଚ ପାତ୍ରର (glass jar) ଭିତରେ ଓ ବାହାରେ ତାହାର ପ୍ରାୟ ⅔ ଉଚ୍ଚତା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଟିଣ ପାତ ଆଚ୍ଛାଦନ କରି ଏହି ଧାରକ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଏ । ଏଠାରେ ଗୋଟିଏ ଗୋଲାନ୍ତ ଧାତବ ଦଣ୍ଡ ଓ ଧାତବ ଶିକୁଳି ସାହାଯ୍ୟରେ ଭିତରର ଟିଣ ଆବରଣ ସହିତ ଯୋଗାଯୋଗ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ । ଧାତବ ଆବରଣ ଦ୍ୱୟ ଧାରକର ଫଳକ ଓ କାଚ ଧାରକର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଗୋଲାନ୍ତ ଧାତବ ଦଣ୍ଡକୁ କୌଣସି ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉତ୍ପାଦକ ଯନ୍ତ୍ର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ଭିତରର ଧାତବ ଆବରଣ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ ଓ ଧାରିକଟି ଟେବୁଲ ଉପରେ ସ୍ଥାପିତ ହେଲେ ତାହାର ବାହାର ଆବରଣ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଯାଏ ।

2—**ବ୍ୟାବହାରିକ ଧାରିତ୍ର** (Practical capacitors) :

(i) **ଅଭ୍ର ଧାରିତ୍ର** (Mica capacitor) :—ଧାରିକର ଧାରକତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧି କରିବା ପାଇଁ ଅର୍ଥାତ୍ ତାହା ଯେପରି ବହୁ ପରିମାଣ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଧାରଣ କରିପାରିବ ସେହି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ କୌଣସି ସମାନ୍ତରାଳ ଧାରକରେ ଅଧିକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ ଟିଣ ବା ଏଲୁମିନିୟମ ଫଳକ ନିଆଯାଇଥାଏ । ଓ ପାଖାପାଖି ଦୁଇ ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ଅଭ୍ର ଫଳକ ଭର୍ତ୍ତି କରାଯାଇ ଥାଏ । ଏହିପରି ଏକ ଧାରକ ଚିତ୍ର ନଂ 8·14ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏହି ଚିତ୍ରରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଟିଣ ଫଳକ ଓ ବିନ୍ଦୁରେଖା ଗୁଡ଼ିକ ଅଭ୍ରଫଳକ । ଧାରକର ଏକାନ୍ତର ଫଳକଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ସହିତ *A* ବିନ୍ଦୁରେ ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ଅବଶିଷ୍ଟ



(ଚିତ୍ର ନଂ 8·14)

ଫଳକଗୁଡ଼ିକ B ବିନ୍ଦୁରେ ସଂଯୁକ୍ତ A ଓ B ମଧ୍ୟରୁ ଯେ କୌଣସିକୁ ଶୂନ୍ୟ ଉତ୍ପାଦନକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର ସହିତ ଓ ଅପରଟିକୁ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇପାରେ । ଅଭ୍ର ଏକ ଉତ୍ତମ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଓ ତାହାର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ 5 । ତେଣୁ ଅଭ୍ର ଧାରକକୁ ଏକ ଉଚ୍ଚକୋଟିର ଧାରକ ବୋଲି ଧରାଯାଏ । ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ବ୍ୟବହୃତ ଧାରକରେ ଅଭ୍ର ଥିଲେ ତାହା ଅଳ୍ପ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷମତା ଅବଶୋଷଣ କରେ । ସେଥିପାଇଁ ରେଡ଼ିଓ ପ୍ରଭୃତିରେ ଅଭ୍ର ଧାରକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

ଯଦି ଧାରକର ଫଳକ ସଂଖ୍ୟା $= n^{\mu}$ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଫଳକର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $= A$, ଅଭ୍ରର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ $= K$, ଓ ଅଭ୍ର ଫଳକର ବେଧ ଅର୍ଥାତ୍ ଦୁଇଧାତବ ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ $= d$ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଧାରକତ୍ୱ

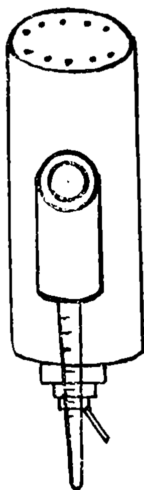
$$C = \frac{(n-1)\,KA}{4\pi d \times 9 \times 10^5}\,\mu f$$

ଏହି ପ୍ରକାର ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ (fixed) ।

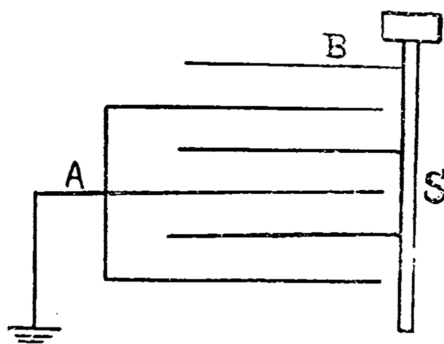
(ii) **କାଗଜ ଧାରିତ୍ର** (Paper Capacitor) :—କେତେଗୁଡ଼ିଏ ସମାନ୍ତରାଳ ଏଲୁମିନିୟମ ବା ଟିଣ ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ପାରାଫିନ୍ ମହମ (Paraffin wax) ସିକ୍ତ କାଗଜ ରଖି ଅତି ଶସ୍ତା ଧାରକ ମଧ୍ୟ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଧାରକକୁ କାଗଜ ଧାରକ କୁହାଯାଏ । କାଗଜକୁ ଚାପ ପ୍ରୟୋଗ ଦ୍ୱାରା ଗୁଡ଼ାଇ ବେଲଣାକାର କରାଯାଇ ପାରେ ଓ ତେଣୁ ଏହା ଅଳ୍ପ ସ୍ଥାନ ଅଧିକାର କରେ । ତେଣୁ ଟିଣ ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ପାରାଫିନ୍ ସିକ୍ତ ବେଲଣାକାର କାଗଜ ରଖି ଅଳ୍ପ ସ୍ଥାନ ଅଧିକାର କରୁଥିବା ଧାରକ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇପାରେ । ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥ ପାଇଁ ଏହି ପ୍ରକାର ଧାରକ ଅନୁପଯୁକ୍ତ କାରଣ ପାରଫିନ୍‌ସିକ୍ତ କାଗଜର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଅବଶୋଷଣ ଅଭ୍ର ତୁଳନାରେ ଅଧିକ । ଏହାର ଧାରକତ୍ୱ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ । ପୃଥକ ମାନର ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଧାରକତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ବିଭିନ୍ନ କାଗଜ ଧାରକ ରେଡ଼ିଓରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ ଓ ବର୍ଣ୍ଣ ସଙ୍କେତ (colour code) ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହି ସମସ୍ତ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

(iii) **ମୃତ୍ ପଦାର୍ଥ ଧାରିତ୍ର** (Ceramic material capacitor)—ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧି କରିବା ପାଇଁ ଆଜିକାଲି ସେଥିରେ ମୃତ୍ ପଦାର୍ଥର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଛି । ଷ୍ଟିଏଟାଇଟ୍ ନାମକ ଏକ ପଦାର୍ଥର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ 8 ଓ ସେଥିରେ ଟିଟାନିୟମ୍ ମିଶାଇଲେ ତାହାର ବି: ପା: ଧ୍ରୁବାଙ୍କ 100କୁ ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ପୁନଶ୍ଚ ମୃତ୍‌ପଦାର୍ଥର ତାପମାତ୍ରା ଗୁଣାଙ୍କ ଖୁବ୍ କମ୍ ଓ ତେଣୁ ତାପମାତ୍ରାର ବୃଦ୍ଧି ବା ହ୍ରାସଦ୍ୱାରା ଧାରକତ୍ୱର ମାନ ବିଶେଷ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏନାହିଁ ।

(iv) **ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ଧାରିତ୍ର** (Electrolytic capacitor)— ଏହିପ୍ରକାର ଧାରକରେ ଏଲୁମିନିୟମ୍‌ର ଗୋଟିଏ ସ୍ତମ୍ଭାକାର ପାତ୍ର ଭିତରେ ଅନ୍ୟ ଏକ (ଚିତ୍ର ନଂ 8.15) ସମ ଅକ୍ଷୀୟ ଏଲୁମିନିୟମ୍ ସ୍ତମ୍ଭକ ଥାଏ ଓ ଉଭୟ ସ୍ତମ୍ଭକ ପରସ୍ପରଠାରୁ ରୋଧିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ସ୍ତମ୍ଭକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ସ୍ଥାନରେ ଏଲୁମିନିୟମ୍ ବୋରେଟ୍‌ର ଏକ ଲେଇ (Paste) ଥାଏ । କୌଣସି ସରଳ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ଏହି ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିକୁ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ସ୍ତମ୍ଭକଦ୍ୱୟ ଦୁଇଟି ଶେଷାଗ୍ର (Terminal)ର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ତାହା ମଧ୍ୟଦେଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ସଂଘଟିତ ହୁଏ । ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ଫଳରେ ଯେଉଁ ଏଲୁମିନିୟମ୍ ଅକ୍‌ସାଇଡ୍ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ତାହାର ଏକ ଆଣବିକ ସରୁ ସ୍ତର ଏନୋଡ୍ ଉପରେ ପରିବ୍ୟାପ୍ତ ହୁଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଏଲୁମିନିୟମ ଏନୋଡ୍ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶେଷ୍ୟ କେଥୋଡ୍ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ଏଲୁମିନିୟମ୍ ଅକ୍‌ସାଇଡ୍‌ର ସ୍ତର ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ଫଳରେ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟି ଗୋଟିଏ ଧାରକରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି ଧାରକର ଦୁଇ ଫଳକର ବ୍ୟବଧାନ ଖୁବ୍ କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ତାହାର ଧାରକତ୍ୱ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ହୁଏ । ଏହି ଧାରକକୁ କୌଣସି ସରଳ ପରିପଥରେ ବ୍ୟବହାର କରିବାବେଳେ ତାହାକୁ ଖୁବ୍ ସତର୍କତାର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ସଂଯୁକ୍ତ କରିବା ସମୟରେ ଅକସାଇଡ୍ ଏନୋଡ଼ର ବିଭବ ଯେପରି ଅନ୍ୟ ଫଳକ ତୁଳନାରେ ଅଧିକ ହୁଏ ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟିଦେବା ଦରକାର ନଚେତ୍ ଏଲୁମିନିୟମ୍ ଅକସାଇଡ୍‌ର ଆଚ୍ଛାଦନଟି ନଷ୍ଟ ହୋଇଯିବ ଓ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟି ଧାରକର କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ ନାହିଁ । ସେଥିପାଇଁ ନିର୍ମାଣ ସମୟରେ ଧାରକର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଫଳକକୁ (Anode) + ଚିହ୍ନ ବା ଲାଲ ରଙ୍ଗଦ୍ୱାରା ଚିହ୍ନିତ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଧାରକକୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥରେ ଆଦୌ ବ୍ୟବହାର କରିବା ଉଚିତ ନୁହେଁ । ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ଏହି ଧାରକକୁ ବ୍ୟବହାର କରିବାକୁ ହେଲେ ସେଥିପାଇଁ ସ୍ୱତନ୍ତ୍ର ବ୍ୟବସ୍ଥା କରିବାକୁ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଧାରିତ୍ର ରେଡ଼ିଓ ତଥା ବିଦ୍ୟୁତ୍-କ୍ଷମତା ପରିପଥରେ (Power circuit) ରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହକୁ (ଚିତ୍ର ନଂ 8.15) ସରଳ ପ୍ରବାହ କରିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।



(v) **ପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ଧାରିତ୍ର** (Variable capacitor) :—ଯେଉଁ ଧାରିତ୍ରର ଧାରକତ୍ୱ ପ୍ରୟୋଜନ ଅନୁଯାୟୀ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇପାରେ ତାହାକୁ ପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ଧାରିତ୍ର କୁହାଯାଏ । ଏହି ଧାରିତ୍ର ପ୍ରଧାନତଃ (ଚିତ୍ର ନଂ 8.16) ଏକ ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମ ଯୁକ୍ତ ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ ଧାରିତ୍ର । ସେଥିରେ ଥିବା ସମାନ୍ତରାଳ ଧାତବ ଫଳକ



(ଚିତ୍ର ନଂ 8.16)

ଗୁଡ଼ିକ ଦୁଇଭାଗ ବା ବର୍ଗରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏହାର ଏକାନ୍ତର ଫଳକଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ଗୋଟିଏ ବର୍ଗର ଫଳକ (A) ସ୍ଥିର ଥାଏ ଏବଂ ଅପର ବର୍ଗର ଫଳକଗୁଡ଼ିକ (B) ଗୋଟିଏ ଅକ୍ଷ S ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ଏହି ଅକ୍ଷକୁ ଘୂରାଇଲେ ସେଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥିର ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ ମଧ୍ୟଦେଇ ଘୂରେ । ଏହା ଫଳରେ ଧାରିତ୍ରର ଧାରକତ୍ୱ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ଯେତେବେଳେ ଘୂର୍ଣ୍ଣନଶୀଳ ଫଳକଗୁଡ଼ିକର ସର୍ବୋଚ୍ଚ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ସ୍ଥିର ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ରହେ ସେତେବେଳେ ଧାରିତ୍ରର ଧାରକତ୍ୱ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ହୁଏ ଓ ଉଭୟ ବର୍ଗର ଫଳକ ପରସ୍ପରଠାରୁ ଯେତେ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ହୁଅନ୍ତି ଧାରିତ୍ରର ଧାରକତ୍ୱ ସେତେ ହ୍ରାସ ପାଏ ।

ଯଦି ଫଳକର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A ଓ ଦୁଇ ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ d ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଧାରିତ୍ରର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ଧାରକତ୍ୱ

$$C = \frac{(n-1)\,A}{4\pi d} \qquad \cdots \qquad (8.21)$$

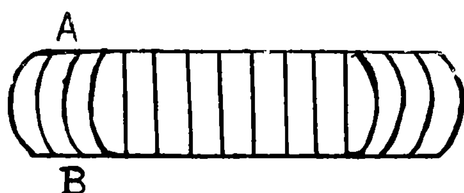
ଏହି ଧାରିତ୍ର ରେଡ଼ିଓ ତଥା ବେତାର ଯନ୍ତ୍ର ପରିପଥରେ ସମସ୍ୱରଣ ଧାରିତ୍ର (Tuning capacitor) ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । କୌଣସି ରେଡ଼ିଓର ଡାଏଲ (Dial) ଘୂରାଇବାବେଳେ ପ୍ରକୃତରେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ଧାରିତ୍ରର ଘୂର୍ଣ୍ଣନଶୀଳ ଫଳକଗୁଡ଼ିକୁ ଘୂରାଯାଏ ଅର୍ଥାତ୍ ଧାରିତ୍ରର ଧାରକତ୍ୱ ପରିବର୍ତ୍ତିତ କରାଯାଏ ।

(3) **ମାନକ ଧାରିତ୍ର** (Standard capacitor) :—ଯେଉଁ ଧାରିତ୍ରର ଧାରକତ୍ୱର ପରମ ମାନ ତାହାର ବିମିତିରୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ତାହାକୁ ମାନକ ଧାରିତ୍ର କୁହାଯାଏ । ସାଧାରଣତଃ ତିନିପ୍ରକାର ମାନକ ଧାରିତ୍ର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

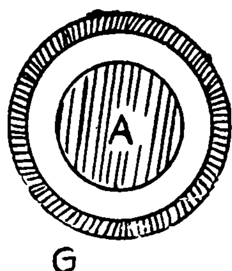
(i) **ସଂରକ୍ଷକ ବଳୟ ଧାରିତ୍ର** (Guard ring capacitor) :—

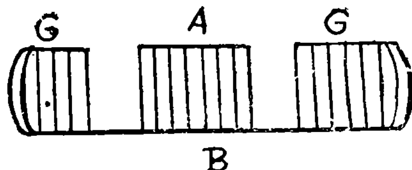
ଗୋଟିଏ ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ ଧାରିତ୍ରର ଧାରକତ୍ୱ $\left(C = \frac{KA}{4\pi d}\right)$ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାବେଳେ ଫଳକ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ସରଳ ଓ ସମାନ୍ତରାଳ ଅର୍ଥାତ୍

ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର ସୁଷମ ବୋଲି ଅନୁମାନ କରାଯାଇଛି । କିନ୍ତୁ ବାସ୍ତବରେ ଫଳକର ପ୍ରାନ୍ତ ଭାଗରେ ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ (ଚିତ୍ର ନଂ 8·17) ବକ୍ର ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର ଅସମ ହୋଇଥାଏ । ଏହାକୁ **ପ୍ରାନ୍ତ ପ୍ରଭାବ** (End effect) କୁହାଯାଏ । ଏହି କାରଣ ଯୋଗୁଁ ଧାରକତ୍ୱର ଉପରୋକ୍ତ ଅଭିବ୍ୟକ୍ତିକୁ ଠିକ ବୋଲି ଧରାଯାଇ ନ ପାରେ । ପ୍ରାନ୍ତ ପ୍ରଭାବ ପାଇଁ ଉପୁଜୁଥିବା ଅସୁବିଧା ଦୂର କରିବା ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ 'କେଲଭିନ୍' ଧାରକର ବୃତ୍ତାକାର ଗୃର୍ଜିତ ଫଳକ Aକୁ (ଚିତ୍ର ନଂ 8·18) ଏକ ସମତଳରେ ଥିବା ଗୋଟିଏ ସଂରକ୍ଷକ ଧାତବ ବଳୟ G ଦ୍ୱାରା ବେଷ୍ଟନ କରିଥିଲେ । ଏହି ବଳୟ G ଓ ବୃତ୍ତାକାର ଫଳକ A ମଧ୍ୟରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 8·17)





(ଚିତ୍ର ନଂ 8·18)

କିଛି ବାୟୁ ବ୍ୟବଧାନ (Airgap) ଥାଏ । ଧାରକର ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ବୃତ୍ତାକାର ଫଳକ Bର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସଂରକ୍ଷକ ବଳୟ Gର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସହିତ ସମାନ । A ଓ Gର ବିଭବ ସମାନ ହେଲେ ଫଳକ A ଓ B ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର ସୁଷମ ହେବ । ଏଠାରେ ଗୃର୍ଜିତ ଫଳକ Aର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ

$$A' = A\text{ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ} + \frac{1}{2}\text{ ବାୟୁ ବ୍ୟବଧାନର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ।}$$

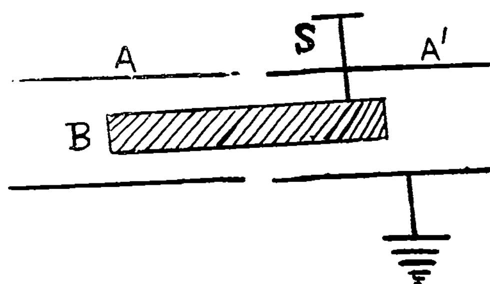
ଯଦି ଫଳକ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ d ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଧାରକତ୍ୱ

$$C = \frac{KA'}{4\pi d} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (8{\cdot}22)$$

ଉପରୋକ୍ତ ଧାରକର ଫଳକ B ସହିତ ଏକ ମାଇକ୍ରୋମିଟର ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଓ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଫଳକ A ଓ B ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇ ପାରେ ।

(ii) ପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଧାରିତ୍ର (Variable cylnidrical capacitor) :

ଏହି ଧାରକ ସମାନ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଓ ପରସ୍ପରଠାରୁ ସାମାନ୍ୟ ଦୂରତ୍ୱରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ଫମ୍ପା ଓ ସମାକ୍ଷ ଧାତବ ସ୍ତମ୍ଭକ A ଓ A' (ଚିତ୍ର ନଂ 8·19] ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ସ୍ତମ୍ଭକ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ A ଗ୍ରୁଜିତ ଓ ଅପରଟି (A') ଭୂସଂଯୁକ୍ତ । ସ୍ତମ୍ଭକ A' ମଧ୍ୟରେ ଅନ୍ୟ ଏକ ସମାକ୍ଷ ଧାତବ ସ୍ତମ୍ଭକ B ଥାଏ । A' ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ ଓ B ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଏକ ମାଇକ୍ରୋମିଟର ସ୍କ୍ରୁ S ଦ୍ୱାରା Bକୁ A ଭିତରକୁ ଓ ବାହାରକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରାଯାଇପାରେ । A ଭିତରେ Bର ଯେଉଁ ଅଂଶ ରହେ ତାହା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲେ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ଯଦି A ଭିତରେ Bର ଦୈର୍ଘ୍ୟ δl ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଧାରକତ୍ୱର ପରିବର୍ତ୍ତନ ।



[ଚିତ୍ର ନଂ 8·19]

$$\delta C = \frac{K\,\delta l}{2\log_e \frac{b}{a}} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (8{\cdot}23)$$

ଏଠାରେ b Aର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ

$a = B$ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ

$K =$ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ

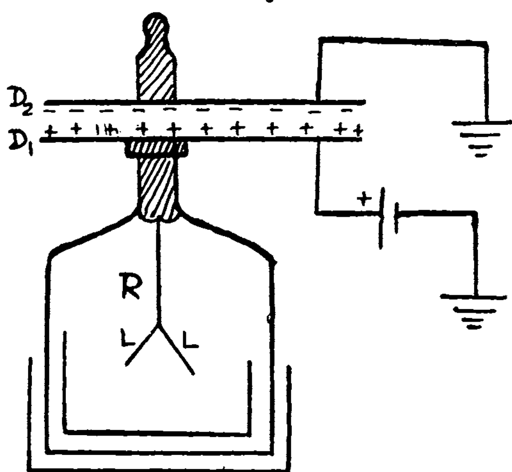
ସୁତରାଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱର ପରିବର୍ତ୍ତନ ତାହାର ଜ୍ୟାମିତିରୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ଓ ତେଣୁ ଏହାକୁ ଏକ ମାନକ ଧାରକ କୁହାଯାଏ ।

(iii) ଗୋଲକାର ଧାରିତ୍ର—ଗୋଟିଏ ଗୋଲକାର ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ $C = \frac{Kab}{(b-a)}$ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ତାହାର ଜ୍ୟାମିତିରୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରା-

ଯାଇପାରେ ଓ ତେଣୁ ଏହାକୁ ଏକ ମାନକ ଧାରକ କୁହାଯାଏ । ଏହି ଧାରକର **ପ୍ରାନ୍ତ ପ୍ରଭାବ** ନାହିଁ କିନ୍ତୁ ଦୁଇ ଗୋଲକକୁ ସକେନ୍ଦ୍ରୀ କରିବା କଷ୍ଟକର । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ଏହି ଧାରକରେ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଗୋଲକର ଆଶ୍ରୟ (support), ବାହ୍ୟ ଗୋଲକରେ ଥିବା ଛିଦ୍ର ଇତ୍ୟାଦି ପାଇଁ ସଂଶୋଧନ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ ।

8·10 ସଞ୍ଚାୟୀ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍ (Condensing electro-scope) :

ଏହି ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍‌ର ଗଠନ ଠିକ୍ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍ ପରି କିନ୍ତୁ ଏହାର ଚକତି D_1 (ଚିତ୍ର ନଂ 8·20) ଆକାରରେ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଟିକିଏ ବଡ଼ ଓ ତାହା ଉପରେ ସମାନ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଅନ୍ୟ ଏକ ଧାତବ ଚକତି D_2 ଥାଏ । ଚକତି D_2ର ନିମ୍ନ ପୃଷ୍ଠରେ 'ଲାଖ' ର (Shellac) ଏକ ଆବରଣ ଥାଏ ଓ ତାହା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ହୋଇ-ଥିବାରୁ D_1 ଓ D_2 ଗୋଟିଏ ଧାରକର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍ ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ସୁଗ୍ରାହୀ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା ଖୁବ୍ ସାମାନ୍ୟ ବିଭବାନ୍ତର ସୂଚିତ ହୋଇପାରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 8·20)

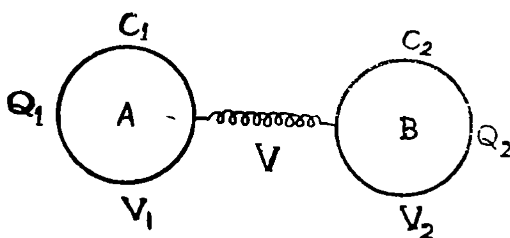
ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀର ଦୁଇ ଶେଷାଗ୍ର ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍‌ଦ୍ୱାରା ଜାଣି ହୁଏନାହିଁ କିନ୍ତୁ ଏହା ସଞ୍ଚାୟକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍‌ଦ୍ୱାରା ଜାଣିହୁଏ ।

କାର୍ଯ୍ୟପ୍ରଣାଳୀ :— ମନେକର ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀର ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର (ଚିତ୍ର ନଂ 8·20) ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ଓ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ଯନ୍ତ୍ରର ଚକତି D_1 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ଏହାଦ୍ୱାରା D_1 ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବରେ ଗ୍ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ ଓ ତାହାର ବିଭବ ବ୍ୟାଟେରୀର ଯୁକ୍ତା-ତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ରର ବିଭବ ସହିତ ସମାନ ହୁଏ । ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରେରଣ ଫଳରେ D_2ର

ନିମ୍ନ ଭାଗରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଓ ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଭାଗରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଉପଜାତ ହୁଏ। ବର୍ତ୍ତମାନ D_2କୁ କ୍ଷଣକ ପାଇଁ ଆଙ୍ଗୁଳିଦ୍ୱାରା ସ୍ପର୍ଶ କଲେ ତାହାର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଭୂପୃଷ୍ଠକୁ ଚାଲିଯାଏ ଓ ସେଥିରେ କେବଳ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ରହେ। ଏହାପରେ ଚକତି D_2କୁ ତାହା ସହିତ ଲାଗିଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ରୋଧୀ ପଦାର୍ଥର ବେଣ୍ଟଦ୍ୱାରା ଧୀରେ ଧୀରେ ଉପରକୁ ଉଠାଇଲେ D_1 ଓ D_2 ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ଓ ଫଳରେ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ହ୍ରାସପାଏ। ଏଠାରେ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥିର ରହୁଥିବାରୁ ଓ ଧାରକତ୍ୱ ହ୍ରାସ ପାଉଥିବାରୁ ଚକତି D_1ର ବିଭବ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ଓ ଏହା ଫଳରେ ଯନ୍ତ୍ରର ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରଦ୍ୱୟ ଅପସରିତ ହୁଏ। ବିଭିନ୍ନ ଧାତୁର ମିଳନ ବା ସନ୍ଧି ସ୍ଥଳରେ ଯେଉଁ ସାମାନ୍ୟ ସଂସ୍ପର୍ଶ ଜାତ ବିଭବାନ୍ତର ଉପଜାତ ହୁଏ ତାହା ବୈଜ୍ଞାନିକ ଭୋଲଟା (Volta) ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିଥିଲେ। ସେଥିପାଇଁ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରକୁ ଭୋଲଟାଙ୍କ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍ ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ।

8·11 ଦୁଇ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ଚାର୍ଜ ବଣ୍ଟନ :

ମନେକର A ଓ B ପରିବାହୀ ଦ୍ୱୟର (ଚିତ୍ର ନଂ 8.21) ଧାରକତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ C_1 ଓ C_2 ଏବଂ ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ Q_1 ଓ Q_2। ଏହି ପରିବାହୀ ଦ୍ୱୟର ବିଭବ ଯଦି ଯଥାକ୍ରମେ V_1 ଓ V_2 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ $Q^1 = C_1V_1$ ଓ $Q_2 = C_2V_2$।



(ଚିତ୍ର ନଂ 8.21)

ବର୍ତ୍ତମାନ ତାରଦ୍ୱାରା ପରିବାହୀଦ୍ୱୟକୁ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ଉଚ୍ଚ ବିଭବ V_1ରୁ ନିମ୍ନ ବିଭବ V_2କୁ ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ଓ ଉଭୟ ପରିବାହୀର ବିଭବ ସମାନ ଅର୍ଥାତ୍ V ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଏହି ପ୍ରବାହ ଚାଲୁ ରହିବ। ଚାର୍ଜର ପୁନର୍ବଣ୍ଟନ ପରେ A ଓ Bରେ ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ ଯଥାକ୍ରମେ q_1 ଓ q_2 ହେଉ।

ସୁତରାଂ ମୋଟ ଚାର୍ଜ $q_1 + q_2 = Q_1 + Q_2 = C_1V_1 + C_2V_2$

$$\text{ଏବଂ } V = \frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2} = \frac{q_1+q_2}{C_1+C_2} = \frac{Q_1+Q_2}{C_1+C_2} = \frac{C_1V_1+C_2V_2}{C_1+C_2}.$$

$$\therefore\ q_1 = \frac{C_1\,(Q_1+Q_2)}{(C_1+C_2)} \quad \cdots \qquad \cdots \qquad (8.24)$$

$$q_2 = \frac{C_2}{C_1+C_2} \times (Q_1+Q) \quad \cdots \qquad \cdots \qquad (8.25)$$

8.12 ଚାର୍ଜ ବଣ୍ଟନ ଫଳରେ ଶକ୍ତିକ୍ଷୟ :

ମନେକର ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀ A ଓ Bର ଧାରକତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ C_1 ଓ C_2 ଏବଂ ବିଭବ V_1 ଓ V_2 । ଯଦି ପରିବାହୀଦ୍ୱୟଙ୍କୁ ଗୋଟିଏ ତାରଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ଉଚ୍ଚ ବିଭବରୁ ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ଓ ପରିଶେଷରେ ଉଭୟ ପରିବାହୀର ବିଭବ ସମାନ ହେବ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଏହି ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହ ଫଳରେ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିର ମୋଟ ଶକ୍ତି ହ୍ରାସ ପାଉଥିବାର ଦର୍ଶାଇ ଦିଆଯାଇପାରେ ।

ପରିବାହୀ A ଓ Bକୁ ସଂଯୁକ୍ତ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ସେମାନଙ୍କର ମୋଟ ଶକ୍ତି

$$E_1 = \frac{1}{2} C_1 V_1^2 + \frac{1}{2} C_2 V_2^2$$

ପରିବାହୀଦ୍ୱୟଙ୍କୁ ସଂଯୁକ୍ତ କରିବା ପରେ ପୂର୍ବ ଅନୁଚ୍ଛେଦ ଅନୁଯାୟୀ,

$$V = \frac{q_1+q_2}{C_1+C_2} = \frac{Q_1+Q_2}{C_1+C_2} = \frac{C_1V_1+C_2V_2}{C_1+C_2}$$

ସୁତରାଂ ସଂଯୁକ୍ତ କରିବା ପରେ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିର ମୋଟ ଶକ୍ତି

$$E_2 = \frac{1}{2}(C_1+C_2)\,V^2$$

$$= \frac{1}{2}\left(C_1+C_2\right)\left[\frac{C_1V_1+C_2V_2}{C_1+C_2}\right]^2 = \frac{1}{2}\,\frac{(C_1V_1+C_2V_2)^2}{C_1+C_2}$$

∴ ଶକ୍ତିର ହ୍ରାସ,

$$\left(E_1-E_2\right) = \frac{1}{2}\left(C_1V_1^2+C_2V_2^2\right) - \frac{1}{2}\,\frac{(C_1V_1+C_2V_2)^2}{C_1+C_2}$$

$$= \frac{1}{2}\left[\frac{(C_1+C_2)(C_1V_1^2+C_2V_2^2)-(C_1V_1+C_2V_2)^2}{(C_1+C_2)}\right]$$

$$=\frac{1}{2}\left\{\frac{C_1C_2(V_1^2+V_2^2-2V_1V_2)}{C_1+C_2}\right\}$$

$$=\frac{1}{2}\left\{\frac{C_1C_2(V_1-V_2)^2}{C_1+C_2}\right\}=\text{ଧନାତ୍ମକ ରାଶି} \quad \cdots \quad \cdots \quad (8.26)$$

$\therefore E_1 > E_2$

ସୁତରାଂ ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀକୁ ପରସ୍ପର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ଚାର୍ଜର ପୁନର୍ବଣ୍ଟନ ସମୟରେ ଶକ୍ତି ହ୍ରାସ ପାଏ ଓ ଏହି ହ୍ରାସ ଶକ୍ତି ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇ ଉତ୍ତାପ, ଆଲୋକ (ସ୍ଫୁଲିଙ୍ଗ) ଓ ଶବ୍ଦରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।

୫·13 ଧାରିତ୍ରର ବିବିଧ ବ୍ୟବହାର :

ନିମ୍ନଲିଖିତ କାର୍ଯ୍ୟପାଇଁ ଧାରକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ :—

(1) ଧାରକରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ସଞ୍ଚିତ ହୋଇପାରେ ଓ ଏହି ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକତା ଅନୁଯାୟୀ ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇପାରେ ।

(2) ଧାରକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ସଞ୍ଚୟ କରି ପାରୁଥିବାରୁ ପ୍ରେରଣ କୁଣ୍ଡଳୀ, ମୋଟର ଗାଡ଼ି ଇତ୍ୟାଦି ଯନ୍ତ୍ରରେ ଅଗ୍ନି ସ୍ଫୁଲିଙ୍ଗ (Spark) ବନ୍ଦ କରିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

(3) ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ପଦାର୍ଥର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

(4) କୌଣସି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥରେ (Circuit) ଏହା ମଧ୍ୟଦେଇ ସଳଖ ପ୍ରବାହ (Direct current) ପ୍ରବାହିତ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ କିନ୍ତୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ (Alternating current) ପ୍ରବାହିତ ହୋଇପାରେ । ତେଣୁ କୌଣସି ପରିପଥରେ ସଳଖ ପ୍ରବାହ ବନ୍ଦ କରିବା ପାଇଁ ଓ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ଅବ୍ୟାହତ ରଖିବା ପାଇଁ ଏହା ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

(5) ଏହା ରେଡ଼ିଓ ପରିପଥରେ ଦୋଳନ (Oscillation) ଉତ୍ପାଦନ କରେ ।

(6) ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ କ୍ଷୀଣ ପ୍ରବାହ ମାପ କରାଯାଇପାରେ ।

(7) କୌଣସି ପରିପଥରେ ଏହା ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହ୍ରାସ କରେ ।

(8) ଏହା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ସଞ୍ଚରଣର ଦକ୍ଷତା ବୃଦ୍ଧି କରେ ।

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଓ ଧାରକତ୍ୱର ସଂଜ୍ଞା ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

   a ଓ *b* ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ସମକେନ୍ଦ୍ରୀ ଗୋଲକଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ଗୋଲାକାର ଧାରକ ଗଠିତ ହୋଇଛି । ଯଦି ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ K ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ସୂଚକ ଗୋଟିଏ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର ।

2. ଦୁଇଟି ସମଅକ୍ଷୀୟ ସ୍ତମ୍ଭକଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ଗୋଟିଏ ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଧାରକର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟପାଇଁ ଧାରକତ୍ୱ ସୂଚକ ଏକ ସୂତ୍ର (Expression) ନିର୍ଗମନ କର ।

3. ଯେ କୌଣସି ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପାଇଁ ଗୋଟିଏ ସାଗର ତଳସ୍ଥ ଟେଲିଗ୍ରାଫ୍ ତାରର (Submarine cable) ଧାରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

   ଗୋଟିଏ ସାଗର ତଳସ୍ଥ ଟେଲିଗ୍ରାଫ୍ ତାରର ବ୍ୟାସ 5 ମି: ମି: ଓ ତାହା ଉପରେ 2·5 ମି: ମି: ମୋଟା ଗୋଟିଏ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକର $(K=4)$ ଆବରଣ ଅଛି । ପାଣି ଭିତରେ ଥିବାହେଲେ ଏହି ତାରର ଏକ କିଲୋମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟପାଇଁ ଧାରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 1·32 μf)

4 ଗୋଟିଏ ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ ବାୟୁ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ସୂଚକ ଏକ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର । ଏହି ଧାରକର ଦୁଇ ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ *t* ବେଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କାଚଖଣ୍ଡ (ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ $=K$) ଆଂଶିକ ପୂରଣ କଲେ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ କିପରି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେବ ଦର୍ଶାଅ ।

5. ଗୋଟିଏ ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ କାଗଜ ଧାରକରେ ଥିବା କାଗଜର $(K=2)$ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 27 ବର୍ଗ ସେ: ମି: । ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ଯଦି 0·0 . ମାଇକ୍ରୋଫାରାଡ୍ ହୁଏ ତାହାହେଲେ କାଗଜର ବେଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 0 047 ମି: ମି:)

6. ଗୋଟିଏ ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ କାଗଜ ଧାରକରେ 12 ଗୋଟି ଧାତବ ଫଳକ ଅଛି । ଯଦି କାଗଜର ବେଧ 0.1 ମି. ମି. ହୁଏ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ୨ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 0.0105 μf)

7. ପୃଥିବୀକୁ ଯଦି 6300 କିଲୋମିଟର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ଏକ ଗୋଲକ ବିବେଚନା କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ମାଇକ୍ରୋଫାରାଡ୍ ଏକକରେ ତାହାର ଧାରକତ୍ୱ କେତେ ହେବ ?

   (ଉ: $7\times10^{2}\mu f$)

8. ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ଧାରକରେ ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତିପାଇଁ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର ।

9. ଗୋଟିଏ ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ ଧାରକରେ ଯେତେବେଳେ (i) ଫଳକର ଚାର୍ଜ ସ୍ଥିର ରହେ ଓ (ii) ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ସ୍ଥିର ରହେ ସେତେବେଳେ ଫଳକ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ବଳ ସ୍ଥିର କର ।

10. ଫଳକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A ଓ ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ Q ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ ଧାରକର ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ ଯଦି dରୁ d_1କୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ($d_1<d$) କରା-ଯାଏ ତାହାହେଲେ ତାହାଦ୍ୱାରା ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ କେତେ ହେବ ?

$$\left[\text{ଉ} : \frac{2\pi Q^2}{A}\,(d-d_1) \right]$$

11. ଦୁଇଟି ଜଳବିନ୍ଦୁର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଯଥାକ୍ରମେ 1 ମି ମି. ଓ 2 ମି. ମି. ଏବଂ ସେମାନେ ଯଥାକ୍ରମେ 3000 ଓ 6000 ଭୋଲ୍ଟକୁ ଚାର୍ଜିତ ହୋଇଛନ୍ତି । ଜଳବିନ୍ଦୁଦ୍ୱୟ ମିଶି-ଯାଇ ଗୋଟିଏ ବଡ଼ ଜଳବିନ୍ଦୁରେ ପରିଣତ ହେଲେ ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତିର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଓ ଜଳବିନ୍ଦୁର ନୂତନ ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(ଉ : ଶକ୍ତି ପରିବର୍ତ୍ତନ = 15 ଅର୍ଗ, ନୂତନ ବିଭବ = 7200 ଭୋଲ୍ଟ)

12. ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଷୟରେ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଟିପ୍ପଣୀ ଲେଖ :—

(i) ପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ଧାରକ, (ii) ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ଧାରକ, (iii) ସୁରକ୍ଷକ ବଳୟ ଧାରକ, (iv) ସଙ୍ଘାତ୍ମକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପ ।

13. ଦୁଇଟି ଚାର୍ଜିତ ପରିବାହୀକୁ ପରସ୍ପର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ଚାର୍ଜର ପୁନର୍ବଣ୍ଟନ ସମୟରେ ଶକ୍ତି ହ୍ରାସ ପାଏ, ପ୍ରମାଣ କର ।

14. ଧାରକ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରୟୋଗ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

ନବମ ପରିଚ୍ଛେଦ

ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର ଓ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାପନ

(Electrometer and Electrostatic measurement)

9.1

ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରୀକ୍ଷାରେ ବିଭବାନ୍ତରର ସଠିକ ମାପ ପ୍ରୟୋଜନ ହୋଇଥାଏ । ସୁତରାଂ ଏହି ମାପ ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବା ଯନ୍ତ୍ର କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାବେଳେ ଚାର୍ଜର ଯେପରି କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ନ ହୁଏ ବା ଚାର୍ଜର ସାମାନ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପାଇଁ ପ୍ରୟୋଜନୀୟ ସଂଶୋଧନ ଯେପରି କରାଯାଇପାରେ ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟିଦେବା ଆବଶ୍ୟକ । ପୁନଶ୍ଚ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯନ୍ତ୍ର ତଥା ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁରୁ ଚାର୍ଜ କ୍ଷରଣର ସମ୍ଭାବନା ଥାଏ । ଏହି ଚାର୍ଜ କ୍ଷରଣ ପ୍ରତିହନନ କରିବା ପାଇଁ ଉପକରଣଗୁଡ଼ିକୁ ଉପଯୁକ୍ତ ରୋଧି ପଦାର୍ଥ ଦ୍ୱାରା ରୋଧିତ କରିବା ପ୍ରୟୋଜନ । ପ୍ରବାହୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଭୋଲ୍‌ଟମିଟର, ଗାଲଭାନୋମିଟର୍ ଇତ୍ୟାଦି ଯନ୍ତ୍ର ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାପ ପାଇଁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅନୁପଯୋଗୀ ।

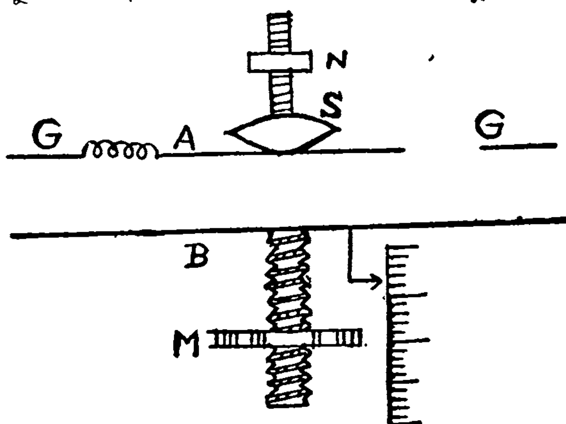
ବୈଜ୍ଞାନିକ ଫାରାଡ଼େ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍ ଦ୍ୱାରା ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ମାପ କରିଥିଲେ । କିନ୍ତୁ ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସୁଗ୍ରାହୀ ନୁହେଁ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ସଠିକ ଭାବରେ ମାପ କରାଯାଇ ପାରେ ନାହିଁ । ବିଭବର ସଠିକ ମାପ ପାଇ ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ସଙ୍ଘାତ୍ମକ (Condensing electroscope) ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋସ୍କୋପ ୱିଇଲସନ୍ ଇଲେକଟ୍ରୋସ୍କୋପ ପ୍ରଭୃତି ବିବିଧ ପ୍ରକାରର ସୁଗ୍ରାହୀ ଯନ୍ତ୍ର ଉଦ୍ଭାବିତ ହୋଇଅଛି ଏ ସମସ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରର ବିକ୍ଷେପ ବା ବିସ୍ଥାପନ ସଠିକ ଭାବରେ ମାପ କରାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଏହି ସବୁ ଯନ୍ତ୍ରର ଧାରକତ୍ୱ (capacitance) ଖୁବ୍ କମ୍ । ପରେ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବର ସଠିକ ମାପ ପାଇଁ ଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଯନ୍ତ୍ର ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଅଛି । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରକୁ **ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର** କୁହାଯାଏ ।

ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର ପ୍ରଧାନତଃ ଦୁଇପ୍ରକାରର ଯଥା :—(i) କେଲଭିନ୍‌ଙ୍କ ପରମ ବା ଆକୃଷ୍ଟ ଚକ୍ରିକା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର (Aftracted disc electrometer) ଓ (ii) କ୍ୱାଡ୍ରାଣ୍ଟ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର (Quadrant electometer) ।

୨·2 (1) ଆକୃଷ୍ଟ ଚକ୍ରିକା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର (Attracted disc-electrometer) :

ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ପ୍ରଧାନତଃ ଏକ ବାୟୁମାଧ୍ୟମ ଯୁକ୍ତ ସଂରକ୍ଷକ ବଳୟ ଧାରକ । ସୃଷ୍ଟିତ ଧାରକର ଫଳକ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବିଭବାନ୍ତର ଯୋଗୁଁ ଯେଉଁ ଆକର୍ଷଣ ହୁଏ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ମାପ କରିବା ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର ମୂଳ ନୀତି । ଏଠାରେ ଦୈର୍ଘ୍ୟ, କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ପ୍ରଭୃତି ମୌଳିକ ଏକକ ସାହାଯ୍ୟରେ ବଳ ତଥା ବିଭବ ମାପ କରାଯାଉଥିବାରୁ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରକୁ **ପରମ** (bso.u e) **ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର** କୁହାଯାଏ ।

ଗଠନ :—ଏହି ଯନ୍ତ୍ର, ଦୁଇଟି ଧାତବ ଫଳକ A ଓ B ଏବଂ ଏକ ସଂରକ୍ଷକ ବଳୟ G (ଚିତ୍ର ନଂ 9·1) ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । A ଓ G ପରସ୍ପର ସହିତ ଗୋଟିଏ ସରୁ ତାରର ସ୍ପ୍ରିଂ ଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ । ଏହାଦ୍ୱାରା A ଓ B ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷେତ୍ର ସୁଷମ ହୁଏ । ଯନ୍ତ୍ରର ଉପର ଫଳକ Aକୁ ଗୋଟିଏ ସ୍ପ୍ରିଂ S ଧରି ରଖିଥାଏ । ଏହି ସ୍ପ୍ରିଂ ସହିତ ଗୋଟିଏ ମାଇକ୍ରୋମିଟର ସ୍କ୍ରୁ N ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ତାହାକୁ ଘୂରାଇ ଫଳକ Aକୁ ପ୍ରୟୋଜନ ଅନୁଯାୟୀ ଉପର ତଳ କରାଯାଇପାରେ । ତଳେ ଥିବା ଫଳକ Bକୁ ମଧ୍ୟ ଅନ୍ୟ ଏକ ମାଇକ୍ରୋମିଟର ସ୍କ୍ରୁ M ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରୟୋଜନ ଅନୁଯାୟୀ ଉପର ତଳ କରାଯାଇପାରେ । ଫଳକ A ଓ ବଳୟ Gର ସମତଳ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପାର୍ଥକ୍ୟ ଗୋଟିଏ ଦୂରବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 9·1)

କାର୍ଯ୍ୟ ପ୍ରଣାଳୀ :—ବ୍ୟବହାର ପୂର୍ବରୁ ଯନ୍ତ୍ରର ସମସ୍ତ ଫଳକକୁ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା ସେମାନଙ୍କର ବିଭବ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ । ତାପରେ ସ୍କ୍ରୁ N ସାହାଯ୍ୟରେ A ଓ Gକୁ ଏକ ସମତଳରେ ରଖାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ A ଉପରେ m ଓଜନ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବସ୍ତୁ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ଓ ଏହା ଫଳରେ ଫଳକ A ନିମ୍ନକୁ ସାମାନ୍ୟ ଖସିଆସେ । ଏହାପରେ ସ୍କ୍ରୁ N ସାହାଯ୍ୟରେ Aକୁ ପୁନଶ୍ଚ Gର ସମତଳକୁ ଆଣି ବସ୍ତୁ mକୁ ବାହାର

କରି ଦିଆଯାଏ । ଫଳତଃ Aର ସମତଳ Gର ସମତଳ ଠାରୁ ସାମାନ୍ୟ ଉପରକୁ ଉଠିଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ A ଓ Gର ଭୂସଂଯୋଗ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରି ଦିଆଯାଏ ବର୍ତ୍ତମାନ ଯଦି A ଓ B ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରି Aକୁ Gର ସମତଳକୁ ନିଆଯାଏ ତାହାହେଲେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆକର୍ଷଣ ବଳ $F=mg$ ହେବ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯେଉଁ ବସ୍ତୁର ବିଭବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ ତାହାକୁ A ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ଏହା ଫଳରେ A ଓ B ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆକର୍ଷଣ ଘଟେ । ଏହି ଆକର୍ଷଣ ବଳର ପରିମାଣ, ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ, ବିଭବାନ୍ତର ଓ ଫଳକ-ଦ୍ୱୟର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ବର୍ତ୍ତମାନ ସ୍କ୍ରୁ M ସାହାଯ୍ୟରେ ଉଭୟ ଫଳକର ବ୍ୟବଧାନ ଏପରି ସମଯୋଜନ (Adjust) କରାଯାଏ ଯେପରିକି ଫଳକ A ପୁନଶ୍ଚ Gର ସମତଳକୁ ଚାଲିଆସେ ।

ତତ୍ତ୍ୱ :—ଏହି ସମସ୍ତ ଉପଯୋଜନ ପରେ ମନେକର

$d = A$ ଓ B ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ

$A =$ ଫଳକ Aର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ

$\sigma =$ ଚାର୍ଜର ପୃଷ୍ଠ ସାନ୍ଦ୍ରତା

$V =$ ଫଳକ Aର ବିଭବ

$E =$ ଫଳକ A B ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟମାନ ବିଦ୍ୟୁତ୍କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

(ଫଳକ Aର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $=$ Aର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $+$ A ଓ G ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଅଞ୍ଚଳର ଅର୍ଦ୍ଧେକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ)

A ଓ B ମଧ୍ୟରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ $F=2\pi\sigma^2 A$

$$V = Ed = 4\pi\sigma d \qquad (\because\ E = 4\pi\sigma)$$

$$\therefore\quad \sigma = \frac{V}{4\pi d}$$

$$F = 2\pi\sigma A = 2\pi\left(\frac{V}{4\pi d}\right)^2 A = \frac{AV^2}{8\pi d^2}$$

$$\therefore\quad \frac{AV^2}{8\pi d^2} = mg$$

$$V = d\sqrt{\frac{8\pi mg}{A}} \text{ ସ୍ଥି. ବୈ: ଏକକ} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (9{\cdot}1)$$

$$= 300 \times d\sqrt{\frac{8\pi mg}{A}} \text{ ଭୋଲ୍ଟ} \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (9{\cdot}1a)$$

ଯେ କୌଣସି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେଲେ Aକୁ ପ୍ରଥମ ବିନ୍ଦୁ P_1 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ସ୍କ୍ରୁ M ସାହାଯ୍ୟରେ A ଓ GGକୁ ଏକ ସମତଳସ୍ଥ କରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ

ମନେକର $mg = A$ ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ

$d_1 = A$ ଓ B ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ

$V_1 =$ ପ୍ରଥମ ବିନ୍ଦୁର ବିଭବ

$$\therefore V_1 = d_1\sqrt{\frac{8\pi mg}{A}}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ Aକୁ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ କରି ଓ ଭୂପୃଷ୍ଠ ସହିତ ସଂଯୋଗ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରି ଦ୍ୱିତୀୟ ବିନ୍ଦୁ P_2 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ପୂର୍ବପରି ପୁନଶ୍ଚ ସ୍କ୍ରୁ M ସାହାଯ୍ୟରେ A ଓ GGର ସମତଳ ସମାନ କରାଯାଏ ବର୍ତ୍ତମାନ ମନେକର

$mg = A$ ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ

$d_2 = A$ ଓ B ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ

$V_2 =$ ଦ୍ୱିତୀୟ ବିନ୍ଦୁର ବିଭବ

$$\therefore V_2 = d_2\sqrt{\frac{8\pi mg}{A}}$$

ସୁତରାଂ P_1 ଓ P_2 ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର

$$V_1 - V_2 = (d_1 - d_2)\sqrt{\frac{8\pi mg}{A}} \text{ ସ୍ଥି: ବୈ: ଏକକ} \cdots\cdots (9\cdot2)$$

$$= 300\,(d_1 - d_2)\sqrt{\frac{8\pi mg}{A}} \text{ ଭୋଲ୍‌ଟ} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots (9\cdot2a)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ମାପ କରିବା ପାଇଁ $(d_1 - d_2)$ର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପ୍ରୟୋଜନ । କିନ୍ତୁ ସେଥିପାଇଁ d_1 ଓ d_2ର ମାନ ପୃଥକ ଭାବରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଅନାବଶ୍ୟକ । ସୂଚକ ସାହାଯ୍ୟରେ $(d_1 - d_2)$ ର ମାନ ସିଧାସଳଖ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ପରମ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ଉଚ୍ଚ ମାନର ବିଭବାନ୍ତର ଓ ଘନ ପଦାର୍ଥର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ (Dielectric constant) ବା ବିଶିଷ୍ଟ ପ୍ରେରକତ୍ୱ କ୍ଷମତା (Specific inductive capacity) ମାପ କରାଯାଇ ପାରେ ।

ଉଦାହରଣ (1) :—ଗୋଟିଏ ଆକୃଷ୍ଟ ଚକ୍ରିକା ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟରର ଉପର ଓ ତଳ ଚକ୍ରିକା ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ 0.4 ସେ. ମି. ଓ ବିଭବାନ୍ତର 600 ଭୋଲ୍ଟ । ଯଦି ଚକ୍ରିକାର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 10 ବର୍ଗ ସେ. ମି. ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଚକ୍ରିକା ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$$600 \text{ ଭୋଲ୍ଟ} = \frac{600}{300} = 2 \text{ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ}$$

$$F = \frac{V^2A}{8\pi d^2} = \frac{2\times2\times10}{8\times\pi\times\cdot16} = \frac{4\times10\times100}{8\times\pi\times16} = 9\cdot9 \text{ ଡାଇନ୍}$$

(2) ଗୋଟିଏ କେଲ୍‌ଭିନ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟରର ଦୁଇ ଚକ୍ରିକା ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ 0·5 ସେ. ମି. ଓ ବିଭବାନ୍ତର 1800 ଭୋଲ୍ଟ । ଯଦି ଉପର ଚକ୍ରିକାର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 10 ବର୍ଗ ସେ. ମି. ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଚକ୍ରିକାଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ଆକର୍ଷଣ ବଳ ସହିତ ସମାନ ହେବାପାଇଁ ତାହା ଉପରେ ସ୍ଥାପିତ ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$$V = \frac{1800}{300} = 6 \text{ ସ୍ଥି. ବୈ. ଏକକ};$$

$$d = 0\cdot5 \text{ ସେ. ମି.}$$

$$V = d\sqrt{\frac{8\pi mg}{A}};$$

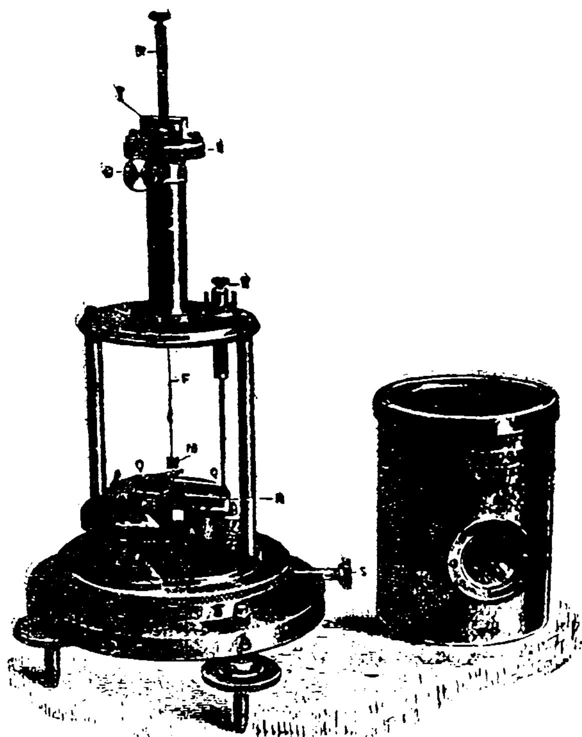
$$\therefore m = \frac{AV^2}{8\pi d^2 g} = \frac{10\times36}{8\times3\cdot14\times\cdot25\times980} = 0.058 \text{ ଗ୍ରାମ୍}$$

(2) କ୍ୱାଡ୍ରାଣ୍ଟ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟର (Quadrant electrometer) :—

ଆକୃଷ୍ଟ ଚକ୍ରିକା ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟର ବିଶେଷ ସୁଗ୍ରାହୀ ନୁହେଁ । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ନ୍ୟୁନମାନର ବିଭବାନ୍ତର ମାପ କରାଯାଇପାରେ ନାହିଁ । ଲର୍ଡ଼ କେଲଭିନ୍ ଏକ ଅତ୍ୟନ୍ତ ସୁଗ୍ରାହୀ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟର ଉଦ୍ଭାବନ କରିଥିଲେ ଓ ଏହାକୁ କ୍ୱାଡ୍ରାଣ୍ଟ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟର କୁହାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଡୋଲେଜାଲେକ୍‌ଙ୍କ (Dolezalek) ଦ୍ୱାରା ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇଥିଲା ଓ ତେଣୁ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରକୁ **ଡୋଲେଜାଲେକ୍ କ୍ୱାଡ୍ରାଣ୍ଟ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟର** ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।

ଗଠନ :—ଡୋଲେଜାଲେକ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟର (ଚିତ୍ର ନଂ 9.2a) ଗୁଣଗୋଟି ଏକକେନ୍ଦ୍ରୀ ଫମ୍ପା ଧାତବ (ପିତ୍ତଳ) ପାଦ (ଚିତ୍ର ନଂ 9.2b) $AA'BB'$ ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ।

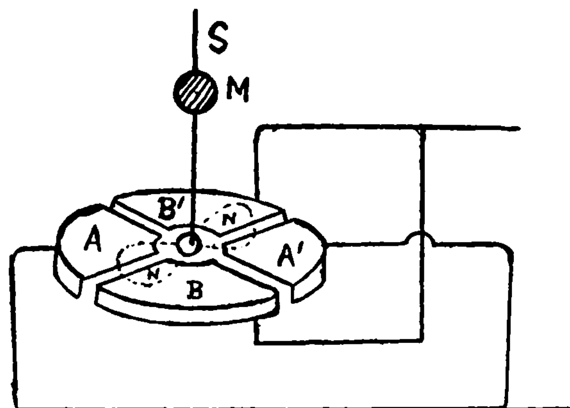
ଏହି ଧାତବ ପାଦ (Quadrant) ଗୁଡ଼ିକ ଇବୋନାଇଟ୍ ପଟା ଉପରେ ସ୍ଥାପିତ ଓ ପରସ୍ପରଠାରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ । ଦୁଇ ପରସ୍ପର ବିପରୀତ ପାଦକୁ ତାରଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ



(ଚିତ୍ର ନଂ 9.2a)

ଅର୍ଥାତ୍ ***A*** ଓ ***A'*** ପରସ୍ପର ସହିତ ଏବଂ ***B*** ଓ ***B'*** ପରସ୍ପର ସହିତ ତାରଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ । ଗୋଟିଏ ଭୂଲମ୍ବ କ୍ୱାର୍ଜ (Quartz) ତନ୍ତୁଦ୍ୱାରା ଏଲୁମିନିୟମ୍ ଫଲକର ଏକ ହାଲୁକା ସୂଚକ ***NN*** ପାଦମଧ୍ୟସ୍ଥ ଫମ୍ପା ସ୍ଥାନରେ ଝୁଲାହୋଇଥାଏ । ଏହି ସୂଚକଟି ଦୁଇଟି ବୃତ୍ତାଂଶଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ଓ ତାହା ପାଦଗୁଡ଼ିକ ସହିତ ସମକେନ୍ଦ୍ରୀ । ତାହା ଭୂଲମ୍ବ ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ପାଦମଧ୍ୟସ୍ଥ ଫମ୍ପା ସ୍ଥାନରେ ଘୂରିପାରେ । ସୂଚକକୁ ଝୁଲାଉଥିବା ତନ୍ତୁ ଉପରେ ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଦର୍ପଣ *M* ଲାଗିଥାଏ ଏବଂ ଲ୍ୟାମ୍ପ ଓ ସ୍କେଲ ବ୍ୟବସ୍ଥାଦ୍ୱାରା ସୂଚକର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ଭୂଲମ୍ବ ତନ୍ତୁର ଉପର ପ୍ରାନ୍ତ ଗୋଟିଏ ଟର୍ସନ ମୁଣ୍ଡ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ଏହି ଟର୍ସନ ମୁଣ୍ଡ ସାହାଯ୍ୟରେ ସୂଚକକୁ ଘୂରାଇ ବା ଉପର ତଳ କରି

(ସୂଚକକୁ) ଯେ କୌଣସି ଅବସ୍ଥାନରେ ଝୁଲିଯାଇପାରେ । କ୍ୱାର୍ଜ ତନ୍ତୁକୁ ଗାଢ଼ କାଲସିୟମ୍ କ୍ଲୋରାଇଡ୍ ଦ୍ରବଣରେ ବୁଡ଼ାଇ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିବାହୀ କରାଯାଏ । ଏହି ପାଦ ଓ ସୂଚକ



(ଚିତ୍ର ନଂ 9.26)

ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିକୁ ବାହ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର ଓ ଧୂଳିକଣା ଇତ୍ୟାଦିରୁ ରକ୍ଷା କରିବାପାଇଁ ଗୋଟିଏ ଭୂଲମ୍ବ ସିଲିଣ୍ଡର ଆକୃତିର ଆଧାର ଭିତରେ ରଖାଯାଇଥାଏ ।

ନୀତି (Principle) :—ଯଦି ପାଦର ଦୁଇ ଯୁଗ୍ମ (Pair) ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ବିଭବାନ୍ତର ଥାଏ ଓ ସୂଚକଟିକୁ ଗୃର୍ଜ କରି ତାହାର ବିଭବ ଉଚ୍ଚ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ସୂଚକଟି ଉଚ୍ଚ ବିଭବଯୁକ୍ତ ପାଦଯୁଗ୍ମରୁ ନିମ୍ନ ବିଭବଯୁକ୍ତ ପାଦଯୁଗ୍ମ ଦିଗରେ ଘୂରିଯାଏ ଓ ଫଳରେ ଦୋଳାୟମାନ ତନ୍ତୁ ମୋଡ଼ିହୋଇଯାଏ । ଏହି ମୋଡ଼ନର (turist) ପରିମାଣ ପାଦଯୁଗ୍ମ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବିଭବାନ୍ତର ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।

ତତ୍ତ୍ୱ (Theory) :—ସୂଚକଟିକୁ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀଦ୍ୱାରା ଗୃର୍ଜ କଲେ ତାହାର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ମନେକର ସୂଚକର ବିଭବ V_n । ଯେତେବେଳେ ପାଦଯୁଗ୍ମ ଗୃର୍ଜିତ ହୋଇ ନ ଥାଏ ବା ଉଭୟ ଯୁଗ୍ମର ବିଭବ ସମ ନ ଥାଏ ସେତେବେଳେ ସୂଚକଟି ସମମିତ ଭାବରେ ସନ୍ତୁଳନ ଅବସ୍ଥାରେ ଦୁଇ ପାଦଯୁଗ୍ମ ମଧ୍ୟରେ ଥାଏ । ଯଦି ପାଦ ଯୁଗ୍ମ *AA'* ଓ *BB* ର ବିଭବ ଯଥାକ୍ରମେ V_A ଓ V_B ହୁଏ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର (V_A V_B) ସ୍ଥିର ରହେ ଏବଂ ଯଦି

$$V_A > V_B$$
$$V_n > V_A$$

ଓ $V_a > V_b$ ହୁଏ,

ତାହାହେଲେ ସୂଚକଟି AA′ ପାଦଯୁଗ୍ମରୁ BB' ପାଦଯୁଗ୍ମ ଦଗରେ ଘୂରିଯିବ ।

ମନେକର θ = ସୂଚକର ବିକ୍ଷେପ

r = ସୂଚକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ

d = ପାଦ ଓ ସୂଚକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବାୟୁର ବେଧ

ସୂଚକଟି ଘୂରି ପାଦଯୁଗ୍ମ BB' ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବେଶ କଲେ BB' ପାଦ ଓ ସୂଚକ N ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ଧାରକର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବୃଦ୍ଧି (।ବ AA′ ଓ ସୂଚକ ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ଧାରକର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ହ୍ରାସ) $= 2 \times \pi r^2 \times \frac{2\theta}{2\pi} = 2r^2\theta$

(ଏଠାରେ ସୂଚକର ଉଭୟ ତଳ ବିସ୍ତାରକୁ ନିଆଯାଇଛି)

BB' ଓ ସୂଚକ N ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ଧାରକର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବୃଦ୍ଧି ଯୋଗୁଁ ତାହାର ଧାରକତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧି $= \frac{2r^2\theta}{4\pi d} = \frac{r^2\theta}{2\pi d}$

ସୁତରାଂ BN ଧାରକର ଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି

$$= QV = \frac{r^2\theta}{2\pi d}\left(V_n - V_b\right)^2$$

ସେହିପରି AN ଧାରକର ଶକ୍ତି ହ୍ରାସ

$$= \frac{r^2\theta}{2\pi d}\left(V_n - V_a\right)^2$$

ସୁତରାଂ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର, ବ୍ୟାଟେରୀରୁ ଗ୍ରହଣ କରୁଥିବା ମୋଟ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ $= \frac{r^2\theta}{2\pi d}\left[\left(V_n - V_b\right)^2 - \left(V_n - V_a\right)^2\right]$

$$= \frac{r^2\theta}{2\pi d}\left(V_a - V_b\right)\left[2V_n - (V_a + V_b)\right]$$

$$= \frac{r^2\theta}{\pi d}\left(V_a - V_b\right)\left[V_n - \left(\frac{V_a + V_b}{2}\right)\right] \quad \cdots \quad \cdots (9.3)$$

ଏହି ଶକ୍ତିର କିଛି ଅଂଶ ଧାରକର ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି କରିବାରେ ଓ ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଂଶ ସୂଚକକୁ ଝୁଲାଇଥିବା ତନ୍ତୁକୁ ମୋଡ଼ିବାରେ (twist) ବ୍ୟୟ ହୁଏ ।

BN ଧାରକର ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି

$$=\frac{1}{2}CV^2=\frac{1}{2}\times\frac{r^2\theta}{2\pi d}\left(V_n - V_a\right)^2$$

ଏବଂ AN ଧାରକର ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଶକ୍ତି ହ୍ରାସ

$$=\frac{1}{2}\times\frac{r^2\theta}{2\pi d}\left(V_n - V_b\right)^2$$

ସୁତରାଂ ଧାରତ୍ରର ମୋଟ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି

$$=\frac{1}{2}\;\frac{r^2\theta}{2\pi d}\left[(V_n-V_b)^2-(V_n-V_a)^2\right]$$

$$=\frac{1}{2}\times\frac{r^2\theta}{2\pi d}(V_a-V_b)\left[2V_n-(V_n-V_b)\right]$$

$$=\frac{r^2\theta}{2\pi d}(V_a-V_b)\left[V_b-\left(\frac{V_a+V_b}{2}\right)\right] \quad \cdots \quad \cdots \quad (9\cdot4)$$

ସମୀକରଣ (9·3) ଓ (9·4)ରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟର ବ୍ୟାଟେରୀରୁ ଯେଉଁ ମୋଟ ଶକ୍ତି ଗ୍ରହଣ କରେ ତହାର ଅର୍ଦ୍ଧେକ ଅଂଶ ଧାରକର ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ବୃଦ୍ଧି କରିବାରେ ଓ ତେଣୁ ଅବଶିଷ୍ଟ ଅର୍ଦ୍ଧେକ ଅଂଶ ସୂଚକକୁ ଝୁଲାଇଥିବା ତନ୍ତୁକୁ ମୋଡ଼ିବାରେ ବ୍ୟୟ ହୁଏ । ସୁତରାଂ ତନ୍ତୁକୁ ମୋଡ଼ିବା ପାଇଁ ମିଳୁଥିବା ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ

$$W=\frac{r^2\theta}{2\pi d}(V_a-V_b)\left[V_n-\left(\frac{V_a-V_b}{2}\right)\right]$$

ତେଣୁ ବିକ୍ଷେପକ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $=\frac{W}{\theta}=\frac{r^2}{2\pi d}(V_a-V_b)\left[V_n-\frac{V_a+V_b}{2}\right]$

ତନ୍ତୁର ଏକକ ମୋଡ଼ ପାଇଁ unit – twist) ଯଦି ସଂସ୍ଥାପକ ଯୁଗଳ (Restoring Couple) $=\tau$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ θ ମୋଡ଼ ପାଇଁ

ଯୁଗଳ $=\tau\theta$

$$\therefore\quad \tau\theta=\frac{r^2}{2\pi d}(V_a-V_b)\left[V_n-\frac{V_a+V_b}{2}\right]$$

$$\therefore\quad \theta=\frac{r^2}{2\pi\tau d}(V_a-V_b)\left[V_n-\frac{V_a+V_b}{2}\right]$$

କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଯନ୍ତ୍ର ପାଇଁ $\frac{r^2}{2\pi\tau d}$ = ସ୍ଥିରାଙ୍କ = K

$$\therefore \theta = K(V_a - V_b)\left[V_n - \frac{V_a + V_b}{2}\right] \quad \cdots \quad \cdots \cdots (9\cdot5)$$

ଏଠାରେ $V_n >> V_a$ ଏବଂ $V_a > V_b$ । ତେଣୁ V_n ତୁଳନାରେ $\frac{V_a + V_b}{2}$ ଖୁବ୍ ସାମାନ୍ୟ ଓ ତାହାକୁ ଉପେକ୍ଷା କରାଯାଇପାରେ । ପୁନଶ୍ଚ କୌଣସି ପରୀକ୍ଷା ସମୟରେ V_nକୁ ସ୍ଥିର ରଖାଯାଏ ।

$$\therefore \theta = K\,V_n(V_a - V_b) = K'(V_a - V_b) \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots (9\cdot6)$$

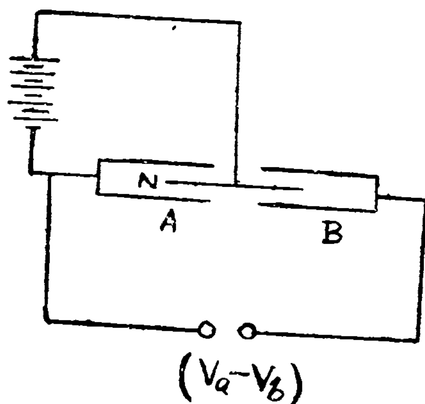
ସୁତରାଂ ବିକ୍ଷେପ θ, ପାଦ A ଓ B ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟମାନ ବିଭବାନ୍ତର ସହିତ ସମାନୁପାତୀ । V_a ଓ V_bର ମାନ ଜାଣି K'ର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

ଯନ୍ତ୍ରର ସୁଗ୍ରାହିତା $\frac{d\theta}{dV_n} = K(V_a - V_b)$

$$= \frac{r^2}{2\pi\tau d}(V_a - V_b) \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots (97)$$

ଯନ୍ତ୍ରର ବ୍ୟବହାର :—ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାଧାରଣତଃ ଦୁଇ ପ୍ରକାରରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

(i) **ଅସମଷ୍ଟ୍ରୈତିକ ବ୍ୟବହାର** (Heterostatic use) :—ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପାଦଯୁଗ୍ମ A ଓ B ଏବଂ ସୂଚକ N ପ୍ରତ୍ୟେକର ବିଭବ ଭିନ୍ନ ସୂଚକକୁ ବ୍ୟାଟେରୀ ଦ୍ୱାରା ଯୁକ୍ତ କରି V_nର ମାନ V_a ଓ V_b ତୁଳନାରେ ଉଚ୍ଚ କରାଯାଏ ଏବଂ ଯେଉଁ ଦୁଇବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ମାପ କରିବା କଥା ସେହି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁକୁ A ଓ B ସହିତ (ଚିତ୍ର ନଂ 9·3) ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଯନ୍ତ୍ରଟିର ବିକ୍ଷେପ



(ଚିତ୍ର ନଂ 9·3) [ଅସମଷ୍ଟୈତିକ ବ୍ୟବହାର]

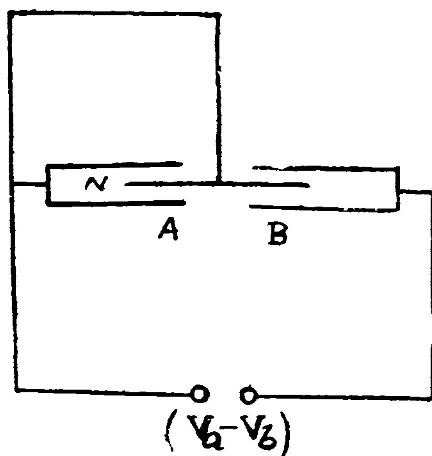
$$\therefore \theta = K(V_a - V_b)\left[V_n - \frac{V_a + V_b}{2}\right]$$

$$= KV_n (V_a - V_b)$$

$$(\because V_n >> V_a, > V_b)$$

ସୁତରାଂ **ଅସମସ୍ଥୈତିକ ବ୍ୟବହାର ସମୟରେ ସୂଚକର ବିକ୍ଷେପ ବିଭବାନ୍ତର** ($V_a - V_b$) **ସହିତ ସମାନୁପାତୀ** ଓ ତେଣୁ *A* ଓ *B*ର ବିଭବକୁ ଓଲଟାଇ ଦେଲେ ବିକ୍ଷେପର ଦିଗ ଓଲଟା ହୋଇଯାଏ । ସୁତରାଂ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା **ସରଳ ଭୋଲଟେଜ୍** (Direct voltage) ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଅଳ୍ପ ବିଭବାନ୍ତର ମଧ୍ୟ ମାପ କରାଯାଏ ।

(ii) **ସମସ୍ଥୈତିକ ବ୍ୟବହାର** (Idiostatic use) :—ଯେତେବେଳେ V_a, V_b କିମ୍ବା ($V_a - V_b$)ର ମାନ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ସେତେବେଳେ ସୂଚକ *N*କୁ ଯେ କୌଣସି ପାଦଯୁଗ୍ମ (ମନେକର A) ସହିତ ଓ ଯେଉଁ ଦୁଇବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ମାପ କରିବାର କଥା ସେହି ଦୁଇବିନ୍ଦୁକୁ *A* ଓ *B* (ଚିତ୍ର ନଂ ୨'4) ପାଦଯୁଗ୍ମ ମଧ୍ୟରେ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଯନ୍ତ୍ରଟି ବର୍ତ୍ତମାନ ସମସ୍ଥୈତିକ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର ହେଉଥିବାର କୁହାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ ୨'4) [ସମସ୍ଥୈତିକ ବ୍ୟବହାର]

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ $V_n = V_a$

$$\therefore \theta = K(V_a - V_b)\left[V_a - \frac{V_a + V_b}{2}\right]$$

$$= K(V_a - V_b)\left(\frac{2V_a - V_a - V_b}{2}\right)$$

$$= \frac{1}{2} K(V_a - V_b)^2 = K'(V_a - V_b)^2$$

ସୁତରାଂ **ସମସ୍ଥୈତିକ ବ୍ୟବହାର ସମୟରେ ସୂଚକର ବିକ୍ଷେପ ନିର୍ଣ୍ଣେୟ ବିଭବାନ୍ତରର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।** *B*କୁ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ କଲେ $V_b = 0$ ହୁଏ । ତେଣୁ

$$\theta = K'V_a^2 = K'V_n^2$$

$$\therefore \theta \propto V_n^2$$

ସୁତରାଂ ବିଭବ ଯୁକ୍ତ ହେଉ ବା ବିଯୁକ୍ତ ହେଉ, ସୂଚକର ବିକ୍ଷେପ ସର୍ବଦା ଏକ ଦିଗରେ ହୁଏ । ଏହି କାରଣରୁ ଏ ପ୍ରକାର ବ୍ୟବହାର ଦ୍ୱାରା **ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଭୋଲଟେଜ୍** (Alternating voltage) ମାପ କରାଯାଇପାରେ ।

କ୍ୱାଡ୍ରାଣ୍ଟ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟରର ବ୍ୟବହାର :—ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିବିଧ କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ କ୍ୱାଡ୍ରାଣ୍ଟ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇ ପାରେ—

(i) ଧାରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ ଓ ତୁଳନା

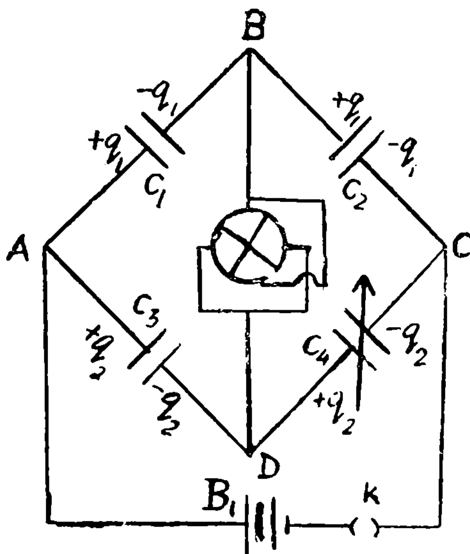
(ii) ବିଭବ ତୁଳନା

(iii) ଆୟନୀକୃତ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ମାପ

(iv) ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ

9·3 ଧାରକତ୍ୱ ତୁଳନା ଓ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

(1) **କେଲଭିନ୍‌ଙ୍କ ବ୍ରିଜ୍ ରୀତି** :—ଦୁଇଟି ଧାରକ C_1 ଓ C_2 ର ଧାରକତ୍ୱ ତୁଳନା କରିବା ପାଇଁ ସେ ଦ୍ୱୟଙ୍କୁ ଗୋଟିଏ ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ୍ ବ୍ରିଜ୍ $ABCD$ ର (ଚିତ୍ର ନଂ 9·5) ବାହୁ AB ଓ BC ରେ ଏବଂ ଅନ୍ୟ ଦୁଇଟି ଧାରକ C_3 ଓ C_4 କୁ ବାହୁ AD ଓ DC ମଧ୍ୟରେ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । C_4 ଏକ ପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ଧାରକ । ବ୍ରିଜ୍‌ର B ଓ D ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର ଏବଂ A ଓ C ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟାଟେରି B_1 ଓ ଚାବି K ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 9·5) [କେଲଭିନ୍‌ଙ୍କ ବ୍ରିଜ୍]

ଚାବି K ବନ୍ଦ କଲେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ କିନ୍ତୁ C_4 ର ମାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ଏହି ବିକ୍ଷେପ ଶୂନ୍ୟ

କରାଯାଇପାରେ । ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ଅବସ୍ଥାରେ ମନେକର C_1 ଓ C_2 ଧାରକର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ q_1 ଏବଂ C_3 ଓ C_4 ଧାରକର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ q_2 । ଯେତେବେଳେ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ ଶୂନ୍ୟ ସେତେବେଳେ B ଓ D ବିନ୍ଦୁର ବିଭବ ସମାନ ଅର୍ଥାତ୍—

(i) $(V_a - V_b) = (V_a - V_d)$;

[$V_a = A$ ବିନ୍ଦୁର ବିଭବ

$V_b = B$ ବିନ୍ଦୁର ବିଭବ]

ତେଣୁ $\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_3}$;

କିମ୍ବା $\frac{C_1}{C_3} = \frac{q_1}{q_2}$ .... (9·8)

(ii) $(V_b - V_c) = (V_d - V_c)$;

[$V_c = C$ ବିନ୍ଦୁର ବିଭବ

$V_d = D$ ବିନ୍ଦୁର ବିଭବ]

ତେଣୁ $\frac{q_1}{C_2} = \frac{q_2}{C_4}$ କିମ୍ବା $\frac{C_2}{C_4} = \frac{q_1}{q_2}$ .... (୨·9)

ସମୀକରଣ (9.8) ଓ (9.୨) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{C_3}{C_4} \quad \ldots \quad \ldots \quad (9\ 10)$$

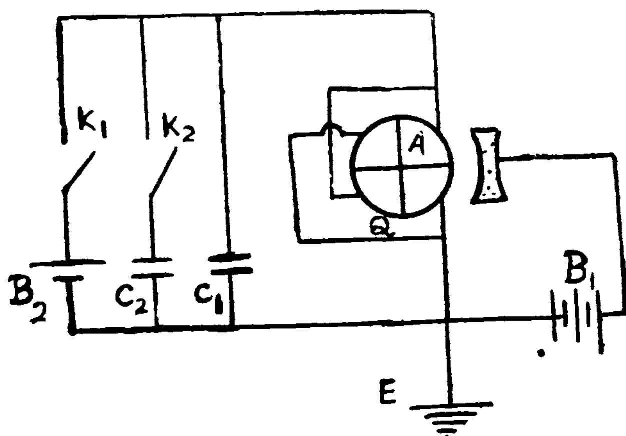
C_3 ଓ C_4 ର ମାନ ଜଣାଥିବାରୁ $\frac{C_1}{C_2}$ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

ପୁନଶ୍ଚ $C_1 = C_2 \times \frac{C_3}{C_4}$ ... (୨.11)

ସୁତରାଂ C_2, C_3 ଓ C_4 ଜଣାଥିଲେ C_1 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

(2) **ଚାର୍ଜ ବଣ୍ଟନ ରୀତି :**—ଏହି ରୀତରେ ଧାରକ C_1 ଓ C_2 ଦ୍ୱୟକୁ ଗୋଟିଏ କ୍ୱାଡ୍ରାଣ୍ଟ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟର Q, ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ଓ କୋଷ B_2 ସହିତ (ଚିତ୍ର ନଂ 9.6)

ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । K_1 ଓ K_2 ଦୁଇଟି ପ୍ଲଗ ଚାବି । K_1 କୁ ବନ୍ଦ କଲେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର ଓ ଧାରକ C_1 ଉଭୟ ଚାର୍ଜିତ ହୁଅନ୍ତି ।



(ଚିତ୍ର ନଂ ୨·୬)

ମନେକର, V_1 - ଧାରକ C_1 ଓ ପାଦ A ର ବିଭବ

Q_1 = ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ

C = ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରର ଧାରକତ୍ୱ

$\therefore$ A ଓ C_1 ର ଚାର୍ଜ $=(C_1+C)\ V_1$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଚାବି K_1 କୁ ଖୋଲିଦେଇ K_2 ବନ୍ଦ କଲେ ଉପରୋକ୍ତ ଚାର୍ଜର କିଛି ପରିମାଣ C_2 କୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ ଏବଂ ଫଳରେ ବିକ୍ଷେପ ଓ ବିଭବ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ମନେକର,

V_2 = ନୂତନ ବିଭବ

θ_2 = ନୂତନ ବିକ୍ଷେପ

$$\therefore\ (C_1+C)\ V_1=(C_1+C_2+C)\ V_2$$

କିମ୍ବା $$\left(\frac{C_1+C}{C_2}\right)=\left(\frac{C_1+C}{C_2}+1\right)\times\frac{V_2}{V_1}$$

କିମ୍ବା $$\frac{C_1+C}{C_2}\left(1-\frac{V_2}{V_1}\right)=\frac{V_2}{V_1}$$

କିମ୍ବା $\frac{C_1+C}{C_2}(V_2-V_1)=V_2$

କିମ୍ବା $\frac{C_1+C}{C_2}=\frac{V_2}{V_2-V_1}=\frac{\theta_2}{\theta_2-\theta_1}$ .... (9 12)

$\because$ C_1 ଓ C_2 ର ମାନ ତୁଳନାରେ Cର ମାନ ନଗଣ୍ୟ

$\frac{C_1}{C_2}=\frac{\theta_2}{\theta_2-\theta_1}$ ... (9.13)

C_1 ଓ C_2 ଜଣାଥିଲେ ସମୀକରଣ (9·12) ସାହାଯ୍ୟରେ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟରର ଧାରକତ୍ୱ ଜାଣିହୁଏ । ସମୀକରଣ (9 13) ସାହାଯ୍ୟରେ C_1 ଓ C_2 ର ଅନୁପାତ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

(3) **ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟରର ଧାରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ** :—ଚାବି K_2 ଓ K_3 (ଚିତ୍ର ନଂ ୨.6) ଖୋଲି K_1 ବନ୍ଦ କଲେ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟର ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ ଓ ତାହାର ବିଭବ ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ମନେକର,

V_1 = ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟରର ବିଭବ

θ_1 = „ ବିକ୍ଷେପ

ବର୍ତ୍ତମାନ K_1 ଖୋଲିଦେଇ K_3 ବନ୍ଦ କଲେ ଉପରୋକ୍ତ ଚାର୍ଜର କିଛି ପରିମାଣ C_1 କୁ ଯାଏ ଏବଂ ବିକ୍ଷେପ ଓ ବିଭବ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ମନେକର,

V_2 = ନୂତନ ବିଭବ

θ_2 = ନୂତନ ବିକ୍ଷେପ

$\therefore CV_1=(C+C_1)V_2$

କିମ୍ବା $\frac{C+C_1}{C}=\frac{V_1}{V_2}=\frac{\theta_1}{\theta_2}$

କିମ୍ବା $\frac{C_1}{C}=\frac{\theta_1-\theta_2}{\theta_2}$

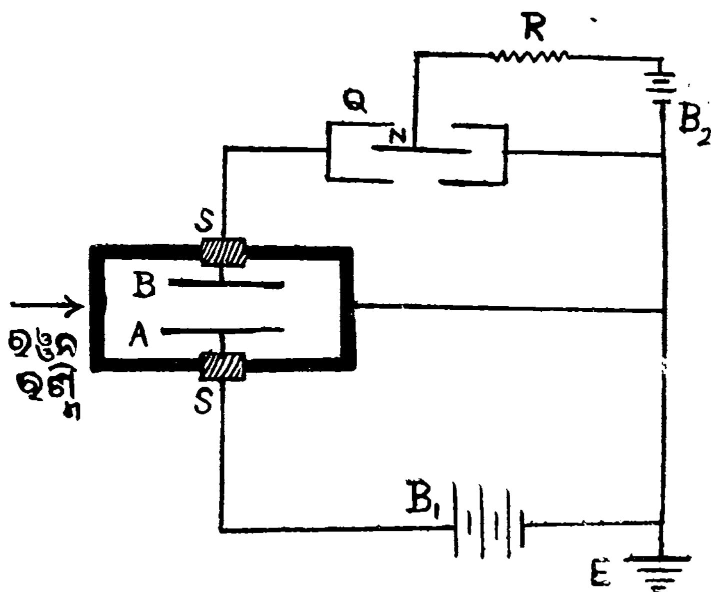
$\therefore C=C_1\times\frac{\theta_2}{\theta_1-\theta_2}$ ... ... (9.14)

ସୁତରାଂ C_1 ଜଣାଥିଲେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟରର ଧାରକତ୍ୱ C ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ପାରେ ।

9·4 ଆୟନୀକୃତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ମାପ (Measurement of Ionisation current) :

କୌଣସି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପଦାର୍ଥର ବିକିରଣ ବା ରଞ୍ଜନ ରଶ୍ମି ଗ୍ୟାସ ମଧ୍ୟଦେଇ ଗତି କଲେ ଯେଉଁ ଆୟନୀକୃତ କ୍ଷୀଣ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ହୁଏ ତାହା କ୍ୱାଡ୍ରାଣ୍ଟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପ କରାଯାଇପାରେ ।

ଆୟନୀକରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଗୋଟିଏ ଧାତବ ବାକସ ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ଧାତବ ଫଳକ A ଓ B ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଧାତବ ଫଳକଦ୍ୱୟ ବାକସଠାରୁ ସଲଫର ପ୍ଲଗ (S,S) ଦ୍ୱାରା ରୋଧିତ । ଏହି ଆୟନୀକରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠକୁ ଗୋଟିଏ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟର, ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ଓ B_2 ସହିତ ଚିତ୍ର ନଂ 9·7 ରେ ଯେପରି ପ୍ରଦର୍ଶିତ



(ଚିତ୍ର ନଂ 9.7)

ହୋଇଅଛି ସେହିପରି ଭାବରେ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟରର ଗୋଟିଏ ପାଦଯୁଗ୍ମ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ଓ ଅପର ପାଦଯୁଗ୍ମ ଆୟନୀକରଣ ପ୍ରକୋଷ୍ଠର ସଂଗ୍ରାହକାରୀ ଫଳକ B (Collecting plate) ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ପ୍ରକୋଷ୍ଠର ଅପର A ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ର

ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଫଳକ A ଓ B ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବିଭବାନ୍ତର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ବ୍ୟାଟେରି B_1 ଓ B_2 ର ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ଓ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରର ସୂଚକ N ବ୍ୟାଟେରି B_2ର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥିବାରୁ ତାହାର ବିଭବ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ହୁଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରର ସଂଯୁକ୍ତ ସ୍ଥିତି ଅସମସ୍ଥୈତିକ ।

ରଞ୍ଜନ ରଶ୍ମି ବା ଫଳକ A ଉପରେ ସ୍ଥାପିତ କୌଣସି ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପଦାର୍ଥର ବିକିରଣଦ୍ୱାରା ଫଳକ A ଓ B ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଗ୍ୟାସ ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଫଳକ B ରେ ଚାର୍ଜ ସଂଗୃହୀତ ହେବା ଫଳରେ ତାହାର ବିଭବ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ଓ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟର ସୂଚକର ବିକ୍ଷେପ ଘଟେ । ଅଧିକରୁ ଅଧିକ ଚାର୍ଜ ସଂଗୃହୀତ ହେବାଦ୍ୱାରା ଏହି ବିକ୍ଷେପ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ପ୍ରଥମେ ଏହି ବିକ୍ଷେପ ବୃଦ୍ଧିର ହାର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

ମନେକର C = ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟର ଓ ଫଳକ Bର ଧାରକତ୍ୱ

V = ଶୂନ୍ୟ ମାନରୁ Bର ବିଭବ ପରିବର୍ତ୍ତନ

Q = t ସେକେଣ୍ଡରେ Bକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେଉଥିବା ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ

θ = ସୂଚକର ବିକ୍ଷେପ ପରିବର୍ତ୍ତନ

∴ ଆୟନୀକୃତ ପ୍ରବାହ (Ionisation current)

$$i=\frac{d\theta}{dt}=C\frac{dV}{dt}=C\times\frac{V}{t}=C\frac{\theta}{t}\quad\cdots\quad\cdots\qquad(୨\cdot15)$$

C କୁ ସେ: ମି: ଏକକ, t କୁ ସେକେଣ୍ଡ ଓ V କୁ ଭୋଲ୍‌ଟ ଏକକରେ ମାପ କଲେ

$$i=\frac{1}{300}C\times\frac{V}{t}\text{ ସ୍ଥି: ବୈ: ଏକକ}$$

$$=\frac{1}{300\times3\times10^{9}}\times C\frac{V}{t}\text{ ଏମ୍ପିୟର}$$

$$=1\cdot11\times10^{-12}\times C\times\frac{V}{t}\text{ ଏମ୍ପିୟର}$$

ଏହି ରୀତିଦ୍ୱାରା 10^{-18}ରୁ 10^{-15} ଏମ୍ପିୟର କ୍ଷୀଣ ପ୍ରବାହ ସଠିକ ଭାବରେ ମାପ କରାଯାଇପାରେ ।

ଉଦାହରଣ : – ଗୋଟିଏ ଇଲେକଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍‌ର ଧାରକତ୍ୱ .0 ସେ: ମି: ଓ ରଞ୍ଜନ ରଶ୍ମି ଦ୍ୱାରା ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ବାୟୁର ଆୟନୀକରଣ ଫଳରେ ତାହାର ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ରର ବିଭବ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ 0·9 ଭୋଲ୍‌ଟ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ଆୟନୀକୃତ ପ୍ରବାହ ମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (1 ଫାରାଡ୍ = 9×10^{11} ସେ: ମି:)

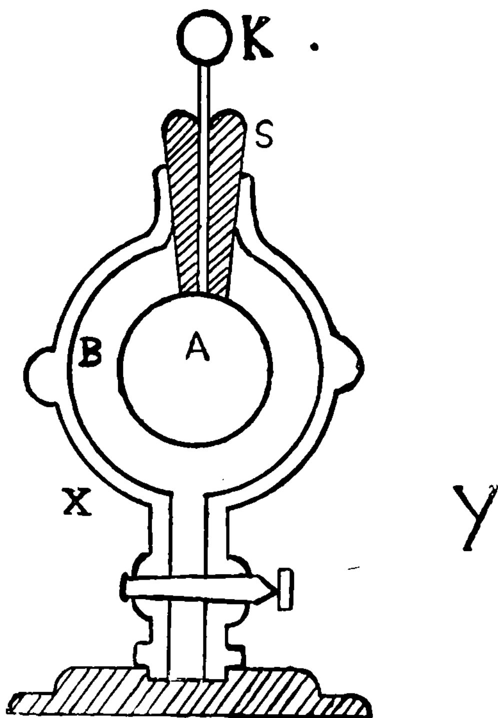
$$C = 10 \text{ ସେ: ମି:} = \frac{10}{9 \times 10^{11}} \text{ ଫାରାଡ୍}$$

$$i = C\frac{dV}{dt} = \frac{10}{9 \times 10^{11}} \times 0{\cdot}9 = 10^{-11} \text{ ଏମ୍ପିୟର}$$

୨·5 ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

(a) କଠିନ ପଦାର୍ଥ (ଚୂର୍ଣ୍ଣ) :

(1) ଫାରାଡେଙ୍କ ରୀତି :—ଏହି ରୀତିରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ଦୁଇଗୋଟି ସମାନ ଗୋଲକାର ଧାରକ X ଓ Y ନିଆଯାଏ । ଚିତ୍ର ନଂ ୨·୪ରେ ଏହିପରି ଗୋଟିଏ ଧାରକ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗୋଲକାର ଧାରକର ବାହ୍ୟ ଧାତବ ଫଳକ *B* ଓ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଧାତବ ଫଳକ *A* ପରସ୍ପରଠାରୁ ସଲଫର *S* ଦ୍ୱାରା ରୋଧିତ । ପ୍ରତ୍ୟେକର ବାହ୍ୟ କବଚ ଦୁଇଗୋଟି ଅର୍ଦ୍ଧ ଗୋଲକାର କବଚଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ଓ ଏହି ଅର୍ଦ୍ଧଗୋଲକାର କବଚଦ୍ୱୟକୁ ପରସ୍ପରଠାରୁ ପୃଥକ୍ କରାଯାଇପାରେ । ଧାରକର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଗୋଲକ *A*କୁ ଧାତବ ଗୋଲକ K (Knob) ସହିତ ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ । ପରିବାହୀଟି ବାହ୍ୟ ଗୋଲକଠାରୁ ସଲଫର ଦ୍ୱାରା ରୋଧିତ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ ୨·୪)

ପ୍ରକୃତ ପରୀକ୍ଷା ସମୟରେ ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକର ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯିବ ତାହାକୁ X ଧାରକର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଓ ବାହ୍ୟ କବଚ ମଧ୍ୟରେ ଭର୍ତ୍ତି କରାଯାଏ । ଧାରକ Y ମଧ୍ୟରେ ବାୟୁ ଥାଏ । ପ୍ରଥମେ ବାୟୁପୂର୍ଣ୍ଣ ଧାରକକୁ Q ଚାର୍ଜଦ୍ୱାରା ଚାର୍ଜ କରାଯାଏ ଓ ତାହାର ବିଭବ V ଗୋଟିଏ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍‌ଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏହାପରେ Yକୁ X ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଏହା ଫଳରେ Yରୁ କିଛି ଚାର୍ଜ Xକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ ଓ ଉଭୟର ସାଧାରଣ ବିଭବ V_1 ପୂର୍ବ ରୀତିରେ ମାପ କରାଯାଏ ।

ମନେକର C_1 = ବାୟୁ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ

C_2 = ଅନ୍ୟ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ

$$\therefore\ C_1V = Q = (C_1 + C_2)\, V_1$$

କିମ୍ବା $\dfrac{C_1 + C_2}{C_1} = \dfrac{V}{V_1}$;

କିମ୍ବା $\dfrac{C_2}{C_1} = K = \dfrac{V - V_1}{V_1} = \dfrac{\theta - \theta_1}{\theta_1}$

ଏଠାରେ θ ଓ θ_1 ଯଥାକ୍ରମେ ଚାର୍ଜ ବଣ୍ଟନ ପୂର୍ବରୁ ଓ ପରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍‌ର ବିକ୍ଷେପ ।

ଧାରକ Xକୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥ କିମ୍ବା ଗ୍ୟାସ ପୂର୍ଣ୍ଣକରି ଉପରୋକ୍ତ ରୀତିରେ ସେମାନଙ୍କର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ଧାରକକୁ ଗ୍ୟାସ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ପମ୍ପଦ୍ୱାରା ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ କରାଯାଏ ।

ଯଦିଓ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଫାରାଡ଼େ ଉପରୋକ୍ତ ପରୀକ୍ଷାରେ ଧାରକର ବିଭବ ସ୍ୱର୍ଣ୍ଣପତ୍ର ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋସ୍କୋପ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପ କରିଥିଲେ, କ୍ୱାଡ୍ରାଣ୍ଟ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟରର ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହି ବିଭବ କିନ୍ତୁ ସଠିକ ଭାବରେ ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ଧାରକ ସହିତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟରର ସଂଯୋଗ ପ୍ରଣାଳୀ ଚିତ୍ର ନଂ ୨.୬ ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । X ଓ Y ଦୁଇଟି ଗୋଲାକାର ଧାରକ, K_1 ଓ K_2 ଦୁଇଟି ପ୍ଲଗ୍ ଚାବି ଏବଂ B ଏକ ବ୍ୟାଟେରୀ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟରର ଗୋଟିଏ ପାଦଯୁଗ୍ମ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ଓ ଅପର ପାଦଯୁଗ୍ମ ଧାରକ Yର ଗୋଟିଏ ଫଳକ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ ଏହି ଫଳକର ବିଭବ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ହେବ ।

ଧାରକ X ମଧ୍ୟରେ ନିର୍ଦ୍ଧାରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଓ Y ମଧ୍ୟରେ ବାୟୁ ଥାଏ । ପ୍ରଥମେ ଚାବି K_1 ଖୋଲାଥିବାବେଳେ K_2କୁ ବନ୍ଦ କରାଯାଏ ଓ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ ।

ମନେକର, $V_1 = Y$ର ବିଭବ

$\theta_1 =$ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର ବିକ୍ଷେପ

$Q = Y$ର ଚାର୍ଜ

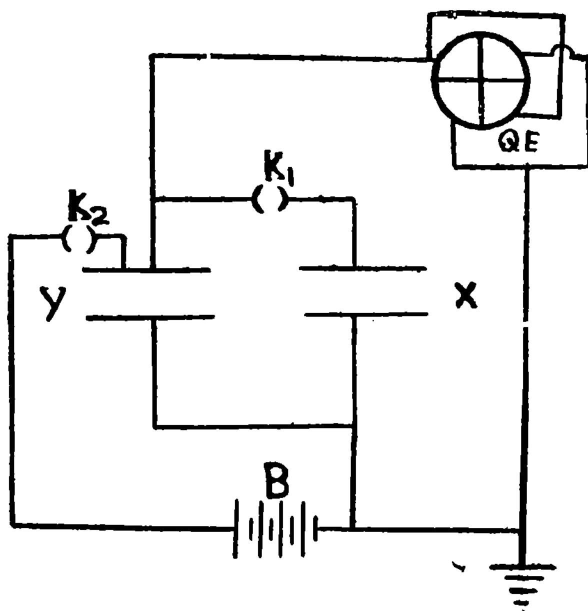
$C_1 = X$ର ଧାରକତ୍ୱ

$C_2 = Y$ର ଧାରକତ୍ୱ

$C_e =$ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରର ଧାରକତ୍ୱ

$V_1 \propto \theta_1$

Yର ଚାର୍ଜ $Q = (C_2 + C_e)\ V_1$ ... ... (9·17)



(ଚିତ୍ର ନଂ 9.9)

ଦ୍ୱିତୀୟତଃ K_2 ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରି K_1 ବନ୍ଦ କରାଯାଏ । ଏହା ଫଳରେ ଚାର୍ଜ Q ବାଣ୍ଟିହୋଇଯାଏ ଓ ତେଣୁ ବିଭବ ତଥା ବିକ୍ଷେପ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ।

ମନେକର X, Y ଓ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର୍‌ର ସାଧାରଣ ବିଭବ V_2 ଓ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର୍‌ର ନୂତନ ବିକ୍ଷେପ θ_2 । ଏହି ବିକ୍ଷେପ θ_2 ବିଭବ V_2 ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।

ଯେହେତୁ ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ ସମାନ

ତେଣୁ $\theta = (C_1 + C_2 + C_o)V_2$ ... ... (9·18)

$\therefore (C_1 + C_2 + C_o)V_2 = (C_2 + C_o)V_1$

କିମ୍ବା $\left(1 + \frac{C_1}{C_2 + C_o} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\theta_1}{\theta_2}\right.$

$$\therefore \frac{C_1}{C_2 + C_e} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\theta_2} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (9{\cdot}19)$$

ସୁତରାଂ C_eର ମାନ ଜଣାଥିଲେ $\frac{C_1}{C_2} = K$ (ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ପାରେ ।

ଏଠାରେ ଅନ୍ୟ ଏକ ପରୀକ୍ଷା ଦ୍ୱାରା C_o ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ ପାରେ । ସେଥିପାଇଁ ପ୍ରଥମେ କେବଳ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର୍‌ରକୁ ଚାର୍ଜ କରି ତାହାର ବିକ୍ଷେପ θ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ । ଯଦି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋ ମିଟରର ବିଭବ V_e ହୁଏ ଓ ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ Q ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$V_e \propto \theta$$

ଏବଂ $Q = C_e V_e$ ... ...(9·20)

ଏହାପରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରକୁ (ଅନ୍ୟଠାରୁ ବିଛିନ୍ନ କରି) Y ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଏହା ଫଳରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରରୁ କିଛି ଚାର୍ଜ Yକୁ ଚାଲିଯାଏ ଏବଂ ବିଭବ ଓ ବିକ୍ଷେପ ଉଭୟ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ମନେକର ନୂତନ ବିକ୍ଷେପ $= \theta'$ ଓ ଉଭୟର ସାଧାରଣ ବିଭବ $= V'$ ।

ତେଣୁ $V' \propto \theta'$

ଏବଂ $Q = (C_e + C_2)V'$ ... ... (9·21)

$\therefore (C_e + C_2)V' = C_o V_e$

କିମ୍ବା $\left(1 + \frac{C_2}{C_e}\right) = \frac{V_e}{V'} = \frac{\theta}{\theta'}$

କିମ୍ବା $\frac{C_2}{C_e} = \frac{\theta - \theta'}{\theta'} = P$ (ମନେକର)

$$\therefore C_e = \frac{C_2}{P} \quad \ldots \quad \ldots \quad (9{\cdot}22)$$

C_0ର ଏହି ମାନ ସମୀକରଣ 9·19ରେ ସ୍ଥାପନ କଲେ

$$\frac{C_1}{C_2+\frac{C_2}{P}}=\frac{\theta_1-\theta_2}{\theta_2}$$

କିମ୍ବା $$\frac{C_1}{C_2\left(1+\frac{1}{P}\right)}=\frac{\theta_1-\theta_2}{\theta_2}$$

$$\therefore\ \frac{C_1}{C_2}=K=\left(1+\frac{1}{P}\right)\left(\frac{\theta_1-\theta_2}{\theta_2}\right)\quad \cdots \quad \cdots \quad (9\cdot23)$$

ସୁତରାଂ θ_1, θ_2 ଓ P ଜାଣି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ K ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

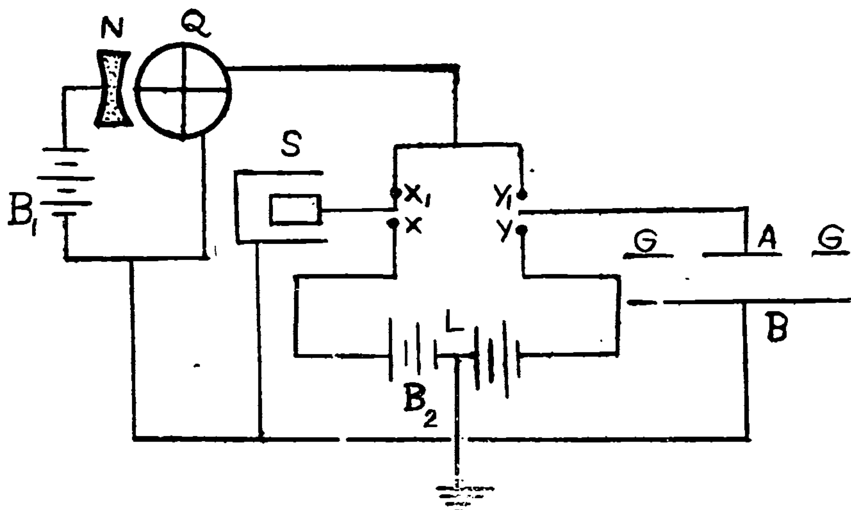
(2) କଠିନ ପଦାର୍ଥ ଖଣ୍ଡର (Slab) K ନିର୍ଣ୍ଣୟ :—

ହପ୍‌କିନ ସନଙ୍କ ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ରୀତି :—ହପ୍‌କିନସନଙ୍କ ରୀତିଦ୍ୱାରା କୌଣସି କଠିନ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଖଣ୍ଡର ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ଉପକରଣ ଓ ସେମାନଙ୍କର ସଂଯୋଗ ପ୍ରଣାଳୀ ଚିତ୍ର ନଂ 9·10ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ।

କ୍ୱାଡ୍ରାଣ୍ଟ୍ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର Qର ସୂଚକ N ବ୍ୟାଟେରି B_1ର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ଫଳରେ ସୂଚକଟି ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ବିଭବକୁ ଗୃହୀତ ହୁଏ । ବ୍ୟାଟେରି B_1ର ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ଭୂସଂଯୁକ୍ତ । AG ଗୋଟିଏ ସଂରକ୍ଷକ ବଳୟ ଧାରକ ଓ ତାହାର ନିମ୍ନ ଫଳକ B ଭୂସଂଯୁକ୍ତ । S ଗୋଟିଏ (ସ୍ଲାଇଡ଼ିଙ୍ଗ) ସିଲିଣ୍ଡର ଆକୃତିର ଧାରକ ଓ ତାହାର ବାହ୍ୟ ସିଲିଣ୍ଡର ଭୂସଂଯୁକ୍ତ । B_2 ଅନ୍ୟ ଏକ ବ୍ୟାଟେରି ଓ ତାହାର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ L ଭୂସଂଯୁକ୍ତ । ବ୍ୟାଟେରି B_2ର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ହେବାଦ୍ୱାରା ବ୍ୟାଟେରିର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ଭୂପୃଷ୍ଠର ବିଭବଠାରୁ ଯେତେ ଉଚ୍ଚ ହୁଏ ତାହାର ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ସେତେ ନିମ୍ନ ହୁଏ । P ଓ R ଦୁଇଟି ଗୃହ ଓ ସେମାନଙ୍କୁ XY ବା X_1Y_1 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇପାରେ । X ଓ Y ଯଥାକ୍ରମେ ବ୍ୟାଟେରି B_2ର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ।

ପ୍ରଥମେ P ଓ Rକୁ ଯଥାକ୍ରମେ X ଓ Y ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଏହା ଫଳରେ ଧାରକ Sର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ସିଲିଣ୍ଡର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଓ ସଂରକ୍ଷକ ବଳୟ ଧାରକର

ଫଳକ A ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଗ୍ରଥିତ ହୁଏ । ଏହାପରେ Pକୁ X_1 ସହିତ ଓ Rକୁ Y_1 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଧାରକ ଦ୍ୱୟର ବ୍ୟାଟେରୀ B_2 ସହିତ ସମ୍ପର୍କ



(ଚିତ୍ର ନଂ 91·0)

ଛିନ୍ନ ହୁଏ ଓ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟର ସହିତ ସମ୍ପର୍କ ସ୍ଥାପିତ ହୁଏ । ଯଦି S ଓ A ର ଧାରକତ୍ୱ ଅସମାନ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟର କୁ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଗ୍ରଥର ପରିମାଣ ସମାନ ହେବ ନାହିଁ ଓ ତେଣୁ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ ହେବ ତେଣୁ ପ୍ରାରମ୍ଭରେ Sର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ସିଲିଣ୍ଡର ର ଅବସ୍ଥାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ଉଭୟ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ସମାନ କରାଯାଏ ଓ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟରରେ ଯେପରି କୌଣସି ବିକ୍ଷେପ ନ ହୁଏ ସେହିପରି ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଏ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଗୋଟିଏ ସମାନ୍ତରାଳ ପଦାର୍ଥ ଖଣ୍ଡ ଯାହାର K ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ ତାହାକୁ ସଂରକ୍ଷକ ବଳୟ ଧାରକର ନିମ୍ନଫଳକ B ଉପରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ । ଫଳତଃ ଧାରକ AGର ଧାରକତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ଓ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ । ଫଳକ Bକୁ ସ୍କ୍ରୁ ଦ୍ୱାରା ନିମ୍ନକୁ ନେଲେ ଧାରକତ୍ୱ ହ୍ରାସ ପାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ Sର ମାନ ସ୍ଥିର ରଖି ଫଳକ Bକୁ ନିମ୍ନ ଦିଗରେ ଏପରି ଅବସ୍ଥାନକୁ ନିଆଯାଏ ଯେପରିକି PRକୁ ପ୍ରଥମେ XY ଓ ପରେ X_1Y_1 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟରର କୌଣସି ବିକ୍ଷେପ ହେବନାହିଁ । ଫଳକ Aକୁ ଗ୍ରଥ କରିବାବେଳେ ତାହା G ସହିତ ପରିବାହୀ ଦ୍ୱାରା

ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ କିନ୍ତୁ ତାହାକୁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରିବାବେଳେ G ଠାରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରି ଦିଆଯାଏ ।

ମନେକର, A = ଫଳକ Aର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ

$d = A$ ଓ B ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ (ଯେତେବେଳେ ନିର୍ଣ୍ଣେୟ ପଦାର୍ଥଖଣ୍ଡ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇ ନଥାଏ ଓ ବିକ୍ଷେପ ଶୂନ୍ୟ)

y = ପଦାର୍ଥ ଖଣ୍ଡର ବେଧ (Thickness)

ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ସୁରକ୍ଷକ ବଳୟ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ $= \dfrac{A}{4\pi d}$ ଓ ତାହା ଧାରକ Sର ଧାରକତ୍ୱ ସହିତ ସମାନ । ଫଳକ B ଉପରେ ପଦାର୍ଥ ଖଣ୍ଡି ସ୍ଥାପିତ ହେବା ପରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରର ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ପାଇଁ ଫଳକ Bକୁ ମନେକର x ଦୂରତ୍ୱ ନିମ୍ନକୁ ନେବା ଆବଶ୍ୟକ । ସୁତରାଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସୁରକ୍ଷକ ବଳୟ ଧାରକର (AG) ଧାରକତ୍ୱ

$$= \frac{A}{4\pi\left(d - y + \frac{y}{K} + x\right)}$$

ଓ ଏହା ଧାରକ Sର ଧାରକତ୍ୱ ସହିତ ସମାନ । ଯେ ହେତୁ ଧାରକ Sର ଧାରକତ୍ୱ ସ୍ଥିର ରଖାଯାଇଥାଏ ତେଣୁ

$$\frac{A}{4\pi d} = \frac{A}{4\pi\left(d - y + \frac{y}{K} + x\right)}$$

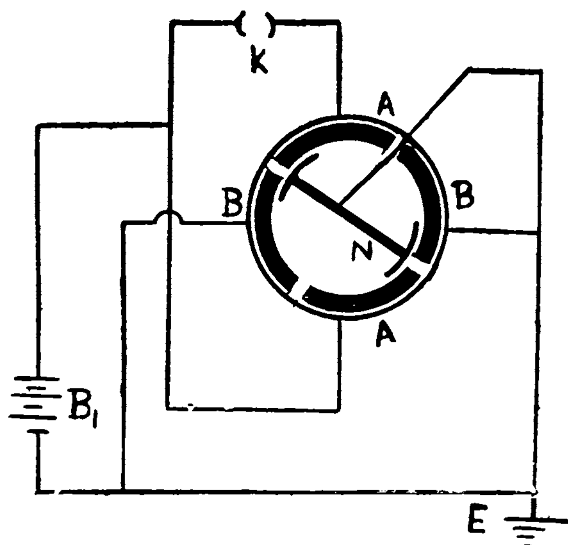
କିମ୍ବା $$d = d - y + \frac{y}{K} + x$$

କିମ୍ବା $$K = \frac{y}{y - x} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots (9.24)$$

(b) ତରଳ ପଦାର୍ଥର K ନିର୍ଣ୍ଣୟ :—

'ସିଲୋ'ଙ୍କ ରୀତି (Silow's method) :—ତରଳ ପଦାର୍ଥର ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ବୈଜ୍ଞାନିକ 'ସିଲୋ' ଗୋଟିଏ ସିଲିଣ୍ଡର ଆକୃତିର କ୍ୱାଡ୍ରାଣ୍ଟ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର ବ୍ୟବହାର କରିଥିଲେ । ଏହା ଏକ ଫମ୍ପା କାଚ ସିଲିଣ୍ଡର ଓ ତାହାର ଭିତର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଚାରିଗୋଟି ଧାତବ ଖଣ୍ଡ (Strip) A, A, B, B

(ଚିତ୍ର ନଂ 9·11) ଲାଗିଥାଏ । ଏହି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର୍‌ର ସୂଚକ ମଧ୍ୟ ସିଲିଣ୍ଡର ଆକୃତିର ବିପରୀତ ଧାତବ ଖଣ୍ଡ AA ଓ BB ପରସ୍ପର ମଧ୍ୟରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ସ୍ଥିତିରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରକୁ ସମସ୍ଥୈତିକ ଭାବରେ (Idiostatic) ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ଏହି ସଂଯୋଗ ପ୍ରଣାଳୀ ଚିତ୍ର ନଂ 9·11ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର୍‌ର ଫଳକ A ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1ର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ଫଳକ B, ସୂଚକ N ଓ ବ୍ୟାଟେରୀର ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ଏଠାରେ ସଂଯୋଗ ପ୍ରଣାଳୀ ସମସ୍ଥୈତିକ ହୋଇଥିବାରୁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ ବିଭବର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନୁପାତିକ ହେବ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 9·11)

ପ୍ରଥମେ ସିଲିଣ୍ଡର ମଧ୍ୟରେ ବାୟୁ ଥିବାବେଳେ ଚାବି Kକୁ ବନ୍ଦ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ

ମନେକର θ_1 = ଯନ୍ତ୍ରର ବିକ୍ଷେପ

V = A ଓ B ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର

$\therefore\ \theta_1 = kV^2$; ($k$ = ଯନ୍ତ୍ରର ଧ୍ରୁବାଙ୍କ)

ବର୍ତ୍ତମାନ ସିଲିଣ୍ଡରକୁ ନିର୍ଣ୍ଣେୟ ତରଳ ପଦାର୍ଥ (ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା = K) ଦ୍ୱାରା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭର୍ତ୍ତି କରି ଚାବି Kକୁ ବନ୍ଦ କରାଯାଏ ଓ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର୍‌ର ନୂତନ ବିକ୍ଷେପ θ_2 ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିର ଧାରକତ୍ୱ K ଗୁଣ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ।

ସୁତରାଂ $\theta_2 = kKV^2$

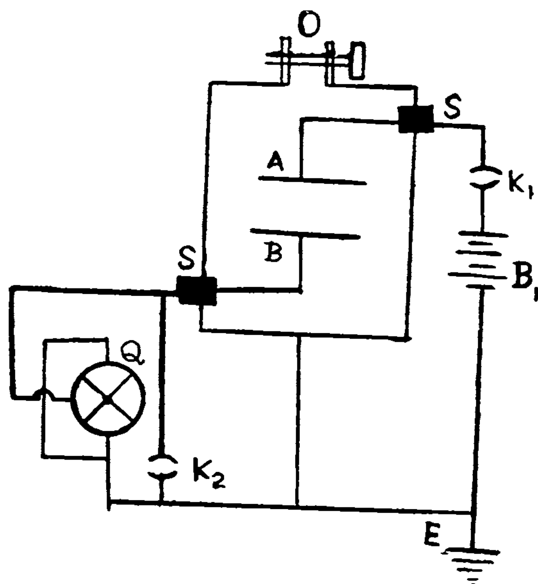
$$\therefore \frac{\theta_2}{\theta_1} = \frac{kKV^2}{kV^2} = K \quad \ldots \quad \ldots\ldots \quad \ldots (9.25)$$

ଏହି ରୀତିରେ, ସିଲିଣ୍ଡରଟି ଯଦି ବାୟୁରୋଧୀ (Air tight) ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ଗ୍ୟାସ ଉଚ୍ଚ ଚାପରେ ଭର୍ତ୍ତି କରି ତାହାର (ଗ୍ୟାସ) K ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହେବ ।

(c) ଗ୍ୟାସର K ନିର୍ଣ୍ଣୟ :—

ବୋଲ୍‌ଜମ୍ୟାନ୍‌ଙ୍କ ରୀତି (Boltzman's method) :—କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ର K ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ବୈଜ୍ଞାନିକ ବୋଲଜ୍‌ମ୍ୟାନ୍ ଯେଉଁ ରୀତି ଅବଲମ୍ବନ କରିଥିଲେ ତାହାର ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଉପକରଣ ଓ ସେଗୁଡ଼ିକର ସଂଯୋଗ ପ୍ରଣାଳୀ ଚିତ୍ର ନଂ 9·12ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ।

A B ଗୋଟିଏ ସମାନ୍ତରାଳ ଫଳକ ଧାରିତ୍ର ଓ ତାହା ଗୋଟିଏ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ଧାତବ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ *G* ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପିତ । ଏହି ଧାତବ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରୁ ପଥ O ମଧ୍ୟ ଦେଇ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ ଓ ଗ୍ୟାସ ପୂରଣ କରାଯାଇପାରେ । ଧାରିତ୍ରର ଫଳକ *A* ବ୍ୟାଟେରୀ B_1ର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ସହିତ ଓ ଫଳକ B ଚତୁର୍ଥାଂଶ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର *Q*ର ଗୋଟିଏ ଯୁଗ୍ମ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 9·12)

ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର୍‌ର ଅପର ଯୁଗ୍ମ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ । ଧାରିତ୍ରକୁ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ଓ

ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରର ସହିତ ଯେଉଁ ତାର ସଂଯୋଗ କରେ ତାହା ଧାତବ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରେ ଅପରିବାହୀ ପ୍ଲଗ (*SS*) ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଯାଇଥାଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା ଧାରିତ୍ରଟି ଧାତବ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ ଠାରୁ ରୋଧିତ ହୋଇଥାଏ । ବ୍ୟାଟେରୀ B_1ର ବିଭବ ପ୍ରାୟ 300 ଭୋଲ୍ଟ ଓ ତାହାର ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ଭୂସଂଯୁକ୍ତ । K_1 ଓ K_2 ଦୁଇଟି ଚାବି । K_1 ସାହାଯ୍ୟରେ ଫଳକ *A*କୁ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ K_2 ସାହାଯ୍ୟରେ ଫଳକ B ଓ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟରକୁ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ।

(i) ପ୍ରଥମେ ପ୍ରକୋଷ୍ଠରୁ ବାୟୁ ନିଷ୍କାସନ କରି ଚାବି K_1 ଓ V_2କୁ ବନ୍ଦ କରାଯାଏ । ଏହା ଫଳକ *A*ର ବିଭବ$=n$V ହୁଏ (V$=$ପ୍ରତ୍ୟେକ କୋଷର ବିଭବ ଓ $n=$କୋଷର ସଂଖ୍ୟା) ଓ ଫଳକ Bର ବିଭବ$=O$ ହୁଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ ।

(ii) ଦ୍ୱିତୀୟତଃ ଚାବି K_1 ଖୋଲି ଫଳକ *A*କୁ ବ୍ୟାଟେରୀ ଠାରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରାଯାଏ ଓ ପ୍ରକୋଷ୍ଠ *G*କୁ ଉଚ୍ଚ ଚାପରେ ଗ୍ୟାସ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରାଯାଏ । ଗ୍ୟାସର ଆପେକ୍ଷିକ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଯଦି K ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଧାରିତ୍ରର ଧାରକତ୍ୱ *K* ଗୁଣ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ଏବଂ ଯେହେତୁ Bର ବିଭବ$=O$ ଓ *A*ର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ ।

ସ୍ଥିର ତେଣୁ *A*ର ବିଭବ$=\frac{nV}{K}$ ହୁଏ ।

ସୁତରାଂ *A* ଓ Bର ବିଭବାନ୍ତର$=\frac{nV}{K}$ ।

ପ୍ରକୋଷ୍ଠକୁ ଗ୍ୟାସ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରିବା ସମୟରେ B ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥିବାରୁ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟରରେ କୌଣସି ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ ନାହିଁ ।

(iii) ତୃତୀୟତଃ K_2 ଖୋଲିଦେଇ K_1 ବନ୍ଦ କରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ *A*ର ବିଭବ$=n$V ଓ Bର ବିଭବ$=\left(nV-\frac{nV}{K}\right)=nV\left[1-\frac{1}{K}\right]$

ଏହା ଫଳରେ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ ଓ ଏହି ବିକ୍ଷେପ θ, ଫଳକ Bର ବିଭବ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।

$$\therefore \theta \propto nV\left[1-\frac{1}{K}\right] \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad (9{\cdot}26)$$

(iv) ବର୍ତ୍ତମାନ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1ରେ (ଯେତେବେଳେ K_1 ବନ୍ଦ ଓ K_2 ଖୋଲା) ଯଦି ଗୋଟିଏ ଅତିରିକ୍ତ କୋଷ ଶ୍ରେଣୀବଦ୍ଧ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ଫଳକ Aର ବିଭବ $(n+1)V$ ହେବ ଅର୍ଥାତ୍ V ବୃଦ୍ଧି ପାଇବ । ଏହା ଫଳରେ Bର ବିଭବ ମଧ୍ଯ V ବୃଦ୍ଧି ପାଇବ ଓ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେବ ।

ମନେକର, θ_1 = ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରର ନୂତନ ବିକ୍ଷେପ

$\therefore$ ବିକ୍ଷେପର ପରିବର୍ତ୍ତନ $= (\theta_1 - \theta) = \beta$ (ମନେକର)

ବର୍ତ୍ତମାନ $\beta \propto V$ ... ... (୨·27)

ସମୀକରଣ (୨·26) ଓ (୨·27) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\frac{\theta}{\beta} = \frac{nV\left[1 - \frac{1}{K}\right]}{V} = n\left[1 - \frac{1}{K}\right] = n - \frac{n}{K}$$

କିମ୍ବା $\frac{n}{K} = n - \frac{\theta}{\beta} = \frac{n\beta - \theta}{\beta}$

$$\therefore \quad K = \frac{n\beta}{n\beta - \theta} \quad \dots \quad \dots \quad \dots (୨·28)$$

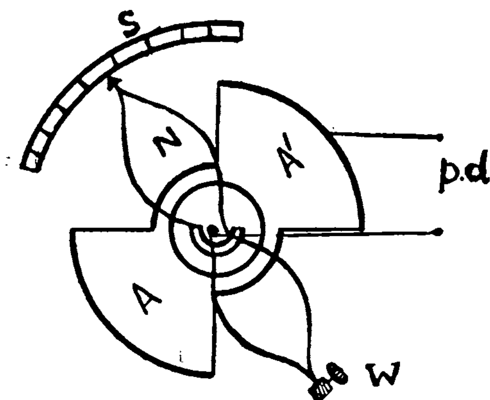
ସୁତରାଂ n, θ ଓ θ_1 ଜାଣି K ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ରୀତିରେ ତରଳ ପଦାର୍ଥର K ମଧ୍ଯ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

୨·6 ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଭୋଲ୍‌ଟମିଟର (Electrostatic voltmeter) :

କ୍ୱାଡ୍ରାଣ୍ଟ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟରକୁ ଅଂଶାଙ୍କନ (Calibrate) କରି ଭୋଲ୍‌ଟମିଟର ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରେ । ନିମ୍ନ ବିଭବ ମାପ କରିବାପାଇଁ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ଅସମସ୍ଥୈତିକ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ (ଚିତ୍ର ନଂ ୨·3) । ଏଠାରେ ସୂଚକ Nକୁ ଉଚ୍ଚ ବିଭବଯୁକ୍ତ କରି ଯାହାର ବିଭବ ମାପ କରାଯିବ ତାହାକୁ B ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ Aକୁ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଉଚ୍ଚ ବିଭବ ମାପ କରିବାବେଳେ ଯନ୍ତ୍ରଟିକୁ ସମସ୍ଥୈତିକ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର (ଚିତ୍ର ନଂ ୨·4) କରାଯାଏ । ଏଠାରେ B ଓ Nକୁ ଉଚ୍ଚ ବିଭବ ବିନ୍ଦୁ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରି Aକୁ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ।

କିନ୍ତୁ ବିଜ୍ଞାନାଗାରର କ୍ୱାଡ୍ରାଣ୍ଟ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ଉପରୋକ୍ତ ରୀତିରେ ବିଭବ ମାପ କରିବା ସମୟସାପେକ୍ଷ ଓ ଅସୁବିଧାଜନକ । ସେଥିପାଇଁ ଇଲେକ୍-

ଟୋମିଟରର ଗଠନରେ କେତେକ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଭୋଲ୍ଟ ମାପ କରାଯାଏ ଓ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରକୁ **ସ୍ଥିରବୈଦ୍ୟୁତିକ ଭୋଲ୍ଟମିଟର** କୁହାଯାଏ । ଏହା କେବଳ ଗୋଟିଏ ପାଦଯୁଗ୍ମ AA' ଓ ସୂଚକ N (ଚିତ୍ର-ନଂ ୭·13) ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଉଭୟର ସମତଳ ଭୂଲମ୍ବ କରାଯାଇଥାଏ ଓ ସୂଚକଟି ପାଦଯୁଗ୍ମ ଭିତରେ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂରିପାରେ । ସୂଚକର ଉପରପ୍ରାନ୍ତ ଖୁବ ତୀକ୍ଷ୍ଣ ଓ ତାହା ଗୋଟିଏ ଅଂଶାଙ୍କିତ ବକ୍ର ସ୍କେଲ ଉପରେ ଗତିଶୀଳ ହୁଏ । ସୂଚକର ନିମ୍ନପ୍ରାନ୍ତରେ ଏକ ଓଜନ W ଲାଗିଥାଏ ଓ ତାହା ସୂଚକର ଗତିକୁ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ ୭·13)

ସାଧାରଣତଃ ଯନ୍ତ୍ରଟି ସମସ୍ଥୈତିକ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ପାଦଯୁଗ୍ମ ଓ ସୂଚକର ବିଭବ ଭିନ୍ନ ହେଲେ ସୂଚକର ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ । ଏହି ବିକ୍ଷେପ θ ବିଭବାନ୍ତର Vର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ଅର୍ଥାତ୍

$$\theta = KV^2$$

ମାନକ ଭୋଲ୍ଟମିଟର ବା ମାନକ କୋଷ ସାହାଯ୍ୟରେ ଯନ୍ତ୍ର ସ୍କେଲକୁ ଅଂଶାଙ୍କିତ କରାଯାଏ । ବିକ୍ଷେପ ବିଭବାନ୍ତରର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ହୋଇଥିବାରୁ ସ୍କେଲ ଦାଗର ବ୍ୟବଧାନ ସମାନ ନ ହୋଇ ବର୍ଗ ନିୟମ ଅନୁସରଣ କରେ । କୌଣସି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ମାପ କରିବାକୁ ହେଲେ ସେ ବିନ୍ଦୁଦ୍ୱୟକୁ ପାଦଯୁଗ୍ମ ଓ ସୂଚକ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ସ୍କେଲ ସାହାଯ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ସିଧାସଳଖ ମାପ କରାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ମଧ୍ୟ ମାପ କରାଯାଇପାରେ ଓ ଏହା 1000 କିମ୍ବା ତଦୂର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଭୋଲ୍ଟ ମାପପାଇଁ ସାଧାରଣତଃ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

୨·7 ବିଭିନ୍ନ ପଦାର୍ଥର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ K :—(ଯେତେବେଳେ $\lambda = \infty$)

ବିଦ୍ୟୁତ୍ପାରକ ପଦାର୍ଥ	K	ବିଦ୍ୟୁତ୍ପାରକ ପଦାର୍ଥ	K
ଇବୋନାଇଟ୍	2·7—2·9	କାଗଜ	2—2·5
କାଚ (କ୍ରାଉନ)	5—7	କ୍ୱାର୍ଜ (Quartz)	4·5
କାଚ (ଫ୍ଲିଣ୍ଟ)	7—10	ସେଲାକ (Shellac)	3—3·7
ଅଭ୍ର	5·7—6·7	ବେଞ୍ଜିନ (18°C)	2·29
ବରଫ	2—3	ଜଳ (18°C)	81
ପାରଫିନ	2 2·3	ବାୟୁ (20°C)	1·000528
ଗନ୍ଧକ	3·6—4·3	ଉଦଜାନ (0°C)	1·000265
		ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ (Vacuum)	1·0000

୨·8 ବିଦ୍ୟୁତ୍ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କର ପରିବର୍ତ୍ତନ :

ବିଭିନ୍ନ ପଦାର୍ଥର ବିଦ୍ୟୁତ୍ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ତାପମାତ୍ରା, ଆର୍ଦ୍ରତା, ପ୍ରଯୁକ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରର ଆବୃତ୍ତି (Frequency) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ବିଭିନ୍ନ ପରୀକ୍ଷାର ଫଳାଫଳରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ବିଦ୍ୟୁତ୍ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ବୃଦ୍ଧିପାଏ କିନ୍ତୁ ତରଳ ପଦାର୍ଥର K ହ୍ରାସ ପାଏ । ତାପମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତନଦ୍ୱାରା ଗ୍ୟାସର ବିଦ୍ୟୁତ୍ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏନାହିଁ କିନ୍ତୁ ଚାପ ପରିବର୍ତ୍ତନଦ୍ୱାରା ଏହା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥିବାର ଜଣାଯାଇଛି । ବୈଜ୍ଞାନିକ ବୋଲଜ୍‌ମ୍ୟାନ୍ (Boltzmann) ଚାପ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ବିଭିନ୍ନ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ବିଦ୍ୟୁତ୍ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିଥିଲେ ଏବଂ ଏହି ସବୁ ପରୀକ୍ଷାର ଫଳାଫଳ ସାହାଯ୍ୟରେ ସେ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ ଅଧିକାଂଶ ଗ୍ୟାସର ବିଦ୍ୟୁତ୍ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ—

$$K = 1 + m\frac{p}{76}$$

ଏଠାରେ p = ଗ୍ୟାସ୍‌ର ଚାପ ଓ m ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ । ଏହି ଧ୍ରୁବାଙ୍କ mର ମାନ ଗ୍ୟାସ୍‌ର ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ପାଇଁ $m = 0$ ଓ ତେଣୁ $K = 1$ ।

ଯେ କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ K ଓ ପ୍ରତିସରଣାଙ୍କ μ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ସମ୍ବନ୍ଧ ଥିବାର ଜଣାଯାଇଛି । ଉଭୟଙ୍କୁ ଯଦି ସମାନ ଆବୃତ୍ତିରେ (Frequency) ମାପ କରାଯାଏ, ତାହାହେଲେ,

$$K = \mu^2$$

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. ଆକୃଷ୍ଟ ଚକ୍ରିକା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରର କାର୍ଯ୍ୟପ୍ରଣାଳୀ ତତ୍ତ୍ୱ ସହ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ଏହି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରକୁ ପରମ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର କାହିଁକି କୁହାଯାଏ ?

2. ଗୋଟିଏ ପରମ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରର ଗଠନ ଓ ତତ୍ତ୍ୱ ସହ କାର୍ଯ୍ୟପ୍ରଣାଳୀ ବୁଝାଇ-ଦିଅ ।

3. କୌଣସି ଆକୃଷ୍ଟ ଚକ୍ରିକା ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରର ଦୁଇ ଚକ୍ରିକା ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ 0·5 ସେ: ମି: ଓ ବିଭବାନ୍ତର 900 ଭୋଲ୍‌ଟ । ଯଦି ଚକ୍ରିକାର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 20 ବର୍ଗ ସେ: ମି: ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଚକ୍ରିକାଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ଆକର୍ଷଣ ବଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ଉ: 28·6 ଡାଇନ)

4 ଦୁଇଟି ଗୋଲକାର ଚକ୍ରିକା ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ 1 ମି: ମି: । ଯଦି ପ୍ରତ୍ୟେକ ଚକ୍ରିକାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 2 ସେ: ମି: ହୁଏ ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ବଳ 0·5 ଗ୍ରାମ ଓଜନ ସହିତ ସମାନ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର କେତେ ଭୋଲ୍‌ଟ ହେବ ? (ଉ: 939 ଭୋଲ୍ଟ)

5. କ୍ୱାଡ୍ରାଣ୍ଟ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରର ଗଠନ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ଏବଂ ତତ୍ତ୍ୱ ସହ କାର୍ଯ୍ୟ-ପ୍ରଣାଳୀ ବୁଝାଇଦିଅ ।

6. ଚତୁର୍ଥାଂଶ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବିଭବ ଓ ସରଳ ବିଭବ କିପରି ମାପ କରାଯାଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

7. ଡୋଲେଜାଲେକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋମିଟରର ତତ୍ତ୍ୱ ଓ କାର୍ଯ୍ୟ ପ୍ରଣାଳୀ ବର୍ଣ୍ଣନାକର ଓ ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଆୟନୀକୃତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କିପରି ମାପ କରାଯାଏ ବୁଝାଇଦିଅ ।

8. ଚତୁର୍ଥାଂଶ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟରର ସମସ୍ଥୈତିକ ଓ ଅସମସ୍ଥୈତିକ ବ୍ୟବହାର କଣ ବୁଝାଇଦିଅ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ବ୍ୟବହାରର ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

9. ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ଅର୍ଥ କଣ ? ଚତୁର୍ଥାଂଶ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ବିଭିନ୍ନ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ କିପରି ମାପ ଓ ତୁଳନା କରାଯାଏ ?

10. ବିଦ୍ୟୁତ୍ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କର ସଂଜ୍ଞା ଉଲ୍ଲେଖ କର । ଚତୁର୍ଥାଂଶ ଇଲେକଟ୍ରୋମିଟରର ସାହାଯ୍ୟରେ (i) କଠିନ ପଦାର୍ଥ ଓ (ii) ତରଳ ପଦାର୍ଥର K କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ?

11. କୌଣସି ଗ୍ୟାସ୍‌ର ବିଦ୍ୟୁତ୍ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ କିପରି ମାପ କରାଯାଏ ?

ଦଶମ ପରିଚ୍ଛେଦ

ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯନ୍ତ୍ର
ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍

(Electrostatic Machine, Atomspheric Electricity)

10·1 ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯନ୍ତ୍ର :

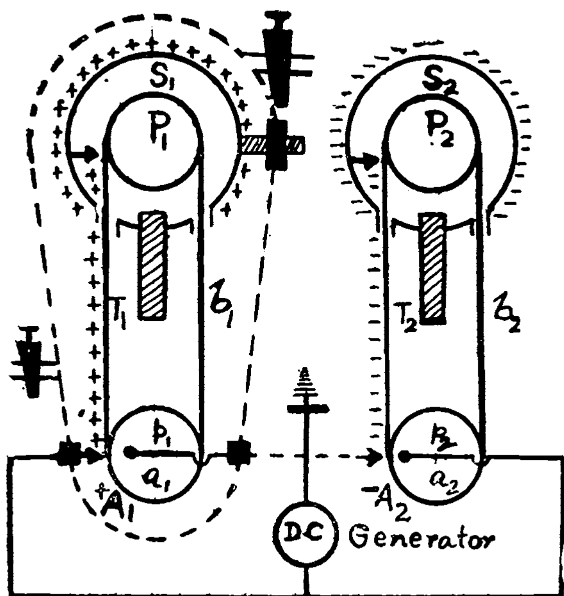
ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଉପାୟରେ ପ୍ରଚୁର ପରିମାଣ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପନ୍ନ କରାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ଦୁଇପ୍ରକାର, ଯଥା – (i) ଘର୍ଷଣ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯନ୍ତ୍ର ଓ (ii) ପ୍ରେରଣ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯନ୍ତ୍ର । ଆଜିକାଲି ଘର୍ଷଣ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯନ୍ତ୍ରର (ରାମସ୍‌ଡେନ୍‌ଙ୍କ ଯନ୍ତ୍ର) ପ୍ରଚଳନ ଆଉ ନାହିଁ । ଇଲେକଟ୍ରୋଫୋରସ୍, ଉଇମ-ସର୍ଷ୍ଟଙ୍କ ଯନ୍ତ୍ର ଇତ୍ୟାଦି ପ୍ରେରଣ ଯନ୍ତ୍ରର ଗଠନ ଓ କ୍ରିୟା ପ୍ରଣାଳୀ ସହିତ ଛାତ୍ରମାନେ ସୁପରିଚିତ ଓ ତେଣୁ ସେଗୁଡ଼ିକର ବିବରଣ ଏଠାରେ ଅନାବଶ୍ୟକ ।

10·2 ଭ୍ୟାନ ଡି ଗ୍ରାଫ ଉତ୍ପାଦନ ଯନ୍ତ୍ର (Van de Graaff Generator) :

ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ଭୋଲଟେଜ (ଲକ୍ଷାଧିକ) ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଇ-ପାରେ । ଶକ୍ତିତ ପରିବାହୀର ତୀକ୍ଷ୍ଣାଗ୍ରରୁ ଯେଉଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସର୍ଜନ ହୁଏ (Discharging action of points) ତାହାର ଉପରେ ଏହାର କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ନିର୍ଭର କରେ ।

ଏହି ଯନ୍ତ୍ର 15 ଫୁଟ ବ୍ୟାସ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଫମ୍ପା ଧାତବ ଗୋଲକ S_1 (ଚିତ୍ର ନଂ 10·1) ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଗୋଲକଟି ଗୋଟିଏ ରୋଧୀ ପଦାର୍ଥର ନଳ T_1 ଉପରେ ସ୍ଥାପିତ । P_1 ଓ p_1 ଦୁଇଟି ପୁଲି (Pulley) । ପୁଲି P_1 ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଓ ଗୋଲକ S_1 ମଧ୍ୟରେ ଥାଏ ଏବଂ ପୁଲି p_1 ଏକ ମୋଟର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଉଭୟ ପୁଲି ରବର କିମ୍ବା ରେଶମର (ରୋଧୀ ପଦାର୍ଥ) ଗୋଟିଏ ଫିତାଦ୍ୱାରା ପୁଲି p_1 ମୋଟର ଦ୍ୱାରା ଘୂରିଲେ ଫିତାଟି ଉଭୟ ପୁଲି ଚାରିପାଖେ ଅବିରାମ ଗତିରେ ଘୂରେ । A_1 ଓ B_1 ଦୁଇଟି ତୀକ୍ଷ୍ଣାଗ୍ର ପରିବାହୀ । A_1 ନିମ୍ନରେ ଥିବା ପୁଲି p_1 ନିକଟରେ ଫିତା b_1କୁ ସ୍ପର୍ଶ କରିଥାଏ । b_1

ଗୋଲକ S_1 ମଧ୍ୟରେ ଥାଏ ଓ ପୁଲି P_1 ପାଖରେ ଫିତାର ଖୁବ ସନ୍ନିକଟସ୍ଥ ହୋଇଥାଏ । A_1 ନିକଟସ୍ଥ କ୍ଷୁଦ୍ର ଧାତବ ଗୋଲକ a_1 ଗୋଟିଏ ସରଳ ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦକ ଯନ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ ଓ ପ୍ରେରଣ କ୍ରିୟାଦ୍ୱାରା A_1କୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଚାର୍ଜ କରେ । A_1ରୁ ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ତୀକ୍ଷ୍ଣାଗ୍ର ବିସର୍ଜନଦ୍ୱାରା ଫିତା b_1କୁ ଚାଲିଯାଏ । ଫିତାଟି ଅବିରାମ ଗତିରେ ଘୂରୁଥିବାରୁ ଏହି ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ଚିତ୍ରରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ଦିଗରେ ଉପରକୁ ଚାଲିଯାଏ ଓ S_1ର ଭିତର ପାର୍ଶ୍ୱ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ତୀକ୍ଷ୍ଣାଗ୍ର ପରିବାହୀ B_1ର ନିକଟସ୍ଥ ହେଲେ B_1ର ନିକଟ ପ୍ରାନ୍ତରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 10·1) [ଭ୍ୟାନ ଡି ଗ୍ରାଫ ଉତ୍ପାଦନ ଯନ୍ତ୍ର]

(ତୀକ୍ଷ୍ଣାଗ୍ର) ବିଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ଓ ଦୂର ପ୍ରାନ୍ତରେ ଅର୍ଥାତ୍ S_1 ଉପରେ ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ପ୍ରେରଣ କରେ । ଏହାଦ୍ୱାରା S_1 କିଛି ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ସଂଗ୍ରହ କରେ । ଫିତାର ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ତାକ୍ଷଣ ଗ B_1ର ଠିକ ବିପରୀତ ବିନ୍ଦୁରେ ପହଞ୍ଚିଲେ ତୀକ୍ଷ୍ଣାଗ୍ରରେ ପ୍ରେରିତ ବିଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ କ୍ଷରଣ (Leakage) ଦ୍ୱାରା ଫିତା ଉପରକୁ ଚାଲିଯାଏ ଓ ଫିତାର ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜକୁ ପ୍ରଶମିତ ବା ଲୋପ କରେ । ଏହିପରି ଭାବରେ A_1ରୁ ଫିତାଦ୍ୱାରା ପରେ ପରେ ଉପର ଦିଗରେ ଯାଉଥିବା ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ S_1କୁ ପୁନଃ ପୁନଃ ଚାର୍ଜ କରେ ଓ B_1କୁ ଅତିକ୍ରମ କରିବା ସମୟରେ ଲୋପ ପାଏ । ଏହି କ୍ରିୟାର ପୁନରାବୃତ୍ତିଦ୍ୱାରା S_1 ଉପରେ କ୍ରମେ ଅଧିକରୁ

ଅଧିକ ଚାର୍ଜ ରାଶୀକୃତ ହୁଏ ଓ ଫଳରେ S_1ର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ହୁଏ ।

ଧାତବ ଗୋଲକ a_1 ଅନ୍ୟ ଏକ ତୀକ୍ଷ୍ଣାଗ୍ର ପରିବାହୀ A_2 ସହିତ (ଚିତ୍ର ନଂ 10·1) ଏବଂ A_1 ଅନ୍ୟ ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଧାତବ ଗୋଲକ a_2 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । A_2ରୁ ବିଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ଫିତା b_2 ଦ୍ୱାରା ଉପରକୁ ଯାଇ B_2 ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରେରଣଦ୍ୱାରା ଦ୍ୱିତୀୟ ଗୋଲକ S_2କୁ ଉପରୋକ୍ତ ରୀତିରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଚାର୍ଜ କରେ ଓ କ୍ରମେ କ୍ରମେ ଅଧିକ ଚାର୍ଜ ସଂଗୃହୀତ ହେବା ଫଳରେ S_2ର ବିଭବ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ହୁଏ ।

ସାଧାରଣ ବାୟୁ ଚାପରେ ଚାର୍ଜିତ ଗୋଲକର ବିଭବ ଯେତେବେଳେ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ହୁଏ ସେତେବେଳେ ସେଥିରୁ ଚାର୍ଜ କ୍ଷରଣ ହୋଇଯାଏ । ଏହି ଚାର୍ଜ କ୍ଷରଣ ବନ୍ଦ କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଗୋଲକକୁ ଗୋଟିଏ ଗୋଟିଏ ଭୂସଂଯୁକ୍ତ ଧାତବ ଟ୍ୟାଙ୍କ୍ T (Tank) ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଥାଏ ଓ ଏହି ଟ୍ୟାଙ୍କ୍ ଭିତରର ବାୟୁ ଚାପ କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ କରାଯାଇପାରେ ।

1937 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ଓ୍ୱାଶିଂଟନ୍‌ର କାରନେଗି ବିଦ୍ୟାପ୍ରତିଷ୍ଠାନରେ 5୮ ଫୁଟ ଉଚ୍ଚ ଓ 38 ଫୁଟ ବ୍ୟାସବିଶିଷ୍ଟ ଏହିପରି ଏକ ଧାତବ ଟ୍ୟାଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ 50 ପାଉଣ୍ଡ ବାୟୁ ଚାପରେ ସ୍ଥାପିତ ଏକ ଭ୍ୟାନ ଡି ଗ୍ରାଫ ଉତ୍ପାଦନ ଯନ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା 50 ଲକ୍ଷ ଭୋଲ୍‌ଟ ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଇ ପାରିଥିଲା ।

ଭ୍ୟାନ ଡି ଗ୍ରାଫ ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ଭୋଲଟେଜ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇ ପାରୁଥିବାରୁ ତାହା ପରମାଣୁକୁ ଭାଙ୍ଗି ଖଣ୍ଡ ଖଣ୍ଡ (Smashing the atom) କରିବା କାର୍ଯ୍ୟରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

10·3 ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ବିଦ୍ୟୁତ (Atmospheric electricity) :

ବର୍ଷାକାଳରେ ଆକାଶରେ ଯେଉଁ ବିଜୁଳି ଚମକେ ବା ମେରୁଦେଶୀୟ ଆକାଶରେ ବିଭିନ୍ନ ରଙ୍ଗର ଯେଉଁ ମନମୁଗ୍ଧକର **ମେରୁପ୍ରଭା** (Aurora Borealis) ଦୃଷ୍ଟିଗୋଚର ହୁଏ ସେ ସମସ୍ତ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ବିଦ୍ୟୁତୀକରଣର ପରିଣାମ । ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଏହି ବିଦ୍ୟୁତୀକରଣର କାରଣ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ବୈଜ୍ଞାନିକମାନେ ଭିନ୍ନ ଭିନ୍ନ ମତ ପୋଷଣ କରନ୍ତି । କେତେକ ବୈଜ୍ଞାନିକଙ୍କ ମତରେ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଜଳ ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହୋଇ ଉପରକୁ ଉଠିଯିବା ସମୟରେ ତାହା ସହିତ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଉପରକୁ ଚାଲିଯାଏ ଓ ଫଳରେ ଭୂପୃଷ୍ଠ ତଥା

ଭୂପୃଷ୍ଠସ୍ଥ ଜଳରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ରହିଯାଏ । ଅନ୍ୟ କେତେକ ବୈଜ୍ଞାନିକଙ୍କ ମତ ଅନୁଯାୟୀ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ବିଦ୍ୟୁତୀକରଣର ପ୍ରଧାନ କାରଣ ହେଉଛି ବାୟୁମଣ୍ଡଳରେ ଥିବା ବାୟୁକଣା ଗୁଡ଼ିକର ଆୟନୀକରଣ । ବୈଜ୍ଞାନିକ ଏଲଷ୍ଟେର ଓ ଗେଟେଲଙ୍କ ମତରେ ବାୟୁକଣାର ଆୟନୀକରଣ ସୂର୍ଯ୍ୟରୁ ଆସୁଥିବା ଅତିବାଇଗଣି ରଶ୍ମି (ultra violet) ଦ୍ୱାରା ସଂଘଟିତ ହୁଏ । ଏହା ବିଶ୍ୱରଶ୍ମି (cosmic rays) ଦ୍ୱାରା ମଧ୍ୟ ସଂଘଟିତ ହୋଇପାରେ । ଆଉ କେତେକ ବୈଜ୍ଞାନିକଙ୍କ ମତରେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ଆୟନୀକରଣ ଭୂଗର୍ଭରେ ଥିବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପଦାର୍ଥର α, β ଓ γ ବିକିରଣଦ୍ୱାରା ଘଟେ । ବଜ୍ରପାତ (Lightning) ମଧ୍ୟ ଆୟନୀକରଣର ଅନ୍ୟ ଏକ କାରଣ । ଯଦି କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଆୟନୀକରଣ ହେବାବେଳେ ସେଠାରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର ଉପସ୍ଥିତ ଥାଏ, ତାହାହେଲେ ଉଦ୍ଭବ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହୁଅନ୍ତି ଓ ସେମାନଙ୍କର ବେଗ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ହୋଇଯାଏ । ଏହି ବେଗମାନ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ସହିତ ବାୟୁକଣାର ସଂଘର୍ଷ ହେଲେ ଅଧିକ ବାୟୁକଣା ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୁଅନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଯଦି ଆୟନୀକରଣ ସ୍ଥାନରେ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର ନ ଥାଏ, ତାହାହେଲେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ବା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଏକ ସ୍ଥାନରେ ଜମିଯାଇ ଏକ ଅନ୍ତରୀକ୍ଷ ଚାର୍ଜ (Space charge) ସୃଷ୍ଟି କରେ । ଉପରୋକ୍ତ କାରଣମାନ ଯୋଗୁଁ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ବିଦ୍ୟୁତୀକରଣ ସମ୍ଭବ ହୋଇପାରେ, ତଥାପି ବାୟୁମଣ୍ଡଳର ବିଦ୍ୟୁତୀକରଣର ପ୍ରକୃତ କାରଣ ସଠିକ୍‌ଭାବେ ଅଦ୍ୟାବଧି ଜଣାଯାଇ ନାହିଁ ।

ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ଉଚ୍ଚତର ବାୟୁମଣ୍ଡଳ ଭୂପୃଷ୍ଠ ତୁଳନାରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ଓ ତାହାର ବିଭବ ମଧ୍ୟ ଅଧିକ । ସେହି କାରଣରୁ ଉପର ସ୍ତରର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ସତତ ଭୂପୃଷ୍ଠକୁ ଚାଲିଆସେ ଓ ଭୂପୃଷ୍ଠର ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜକୁ ପ୍ରଶମିତ କରେ । ଚାର୍ଜ, ଊର୍ଦ୍ଧ୍ୱରୁ ନିମ୍ନକୁ ସାଧାରଣତଃ ପରିବହନ, ବର୍ଷା ବା ତୁଷାରପାତ ଦ୍ୱାରା ସଂଘଟିତ ହୁଏ ।

10·4 ମେଘର ବିଦ୍ୟୁତୀକରଣ :

ମେଘ କିପରି ଚାର୍ଜିତ ଓ ଉଚ୍ଚ ବିଭବଯୁକ୍ତ ହୁଏ ସେ ସମ୍ପର୍କରେ ବିଭିନ୍ନ ବୈଜ୍ଞାନିକ ବିଭିନ୍ନ ମତ ପ୍ରକାଶ କରିଛନ୍ତି । ବୈଜ୍ଞାନିକ ଜର୍ଜ ସିମ୍ପସନ୍ ବେଲୁନ ସାହାଯ୍ୟରେ ପରୀକ୍ଷା ଚଳାଇ ମେଘର ବିଦ୍ୟୁତୀକରଣ ତଥା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜର ପୃଥକ୍‌କରଣ ସମ୍ପର୍କରେ ଏକ ସରଳ ତତ୍ତ୍ୱ ପରିବେଷଣ କରିଛନ୍ତି ।

ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଜଳ ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହୋଇ ଉପରକୁ ଉଠିଯିବା ସମୟରେ ତାହା ସହିତ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଉପରକୁ ଚାଲିଯାଏ ଓ ଏହି କାରଣରୁ ମେଘର ଜଳକଣାଗୁଡ଼ିକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଜଳକଣାଗୁଡ଼ିକ ବାୟୁମଣ୍ଡଳର

ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନଗୁଡ଼ିକୁ ଆକର୍ଷଣ କରନ୍ତି ଓ ଫଳରେ ସେଗୁଡ଼ିକର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ କିଛି ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବାଷ୍ପକଣା ଜମିଯାଏ । ଯେତେବେଳେ ଭୂପୃଷ୍ଠରୁ ଉପର ଦିଗରେ ପ୍ରଚଣ୍ଡ ବେଗରେ ପବନ ବହେ, ସେତେବେଳେ ଏହି ମେଘ ବୁନ୍ଦାଗୁଡ଼ିକ ଭାଙ୍ଗି ବଡ଼ ଓ ସାନ ଜଳବୁନ୍ଦାରେ ପରିଣତ ହୁଅନ୍ତି ଏବଂ ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ ବଡ଼ ଜଳବୁନ୍ଦାଗୁଡ଼ିକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଅନ୍ତି ଓ ନିଜର ଓଜନ ଯୋଗୁଁ ମେଘର ନିମ୍ନସ୍ତରକୁ ଚାଲି ଯାଆନ୍ତି । କ୍ଷୁଦ୍ର ଜଳବୁନ୍ଦାଗୁଡ଼ିକ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବାଷ୍ପକଣାର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସି ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୋଇଯାନ୍ତି ଓ ଉପରକୁ ଉଠିଯାନ୍ତି । ବଡ଼ ଜଳବୁନ୍ଦାଗୁଡ଼ିକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଓ ସାନ ଜଳବୁନ୍ଦାଗୁଡ଼ିକ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହେବା ବିଷୟ ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ସତ୍ୟାପନ କରାଯାଇଛି ।

ଉପରେ କୁହାଯାଇଥିବା ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଜଳବୁନ୍ଦାଗୁଡ଼ିକ ଯେତେବେଳେ ମେଘର ନିମ୍ନଭାଗରେ ଲକ୍ଷ ଲକ୍ଷ ସଂଖ୍ୟାରେ ଜମିଯାଏ, ସେତେବେଳେ ମେଘର ନିମ୍ନ ସ୍ତରର ବିଭବ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ହୁଏ । ଠିକ୍ ସେହିପରି ମେଘର ଉପର ସ୍ତରରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଜଳବୁନ୍ଦା ଲକ୍ଷ ଲକ୍ଷ ସଂଖ୍ୟାରେ ଜମିଗଲେ ଉପର ସ୍ତରର ବିଭବ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ହୁଏ । ଏହି ଦୁଇ ସ୍ତର ମଧ୍ୟରେ ବାୟୁ ଥିବାରୁ ତାହା ବାୟୁମାଧ୍ୟମ ଯୁକ୍ତ ଏକ ଧାରିତ୍ରର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ପୁନଶ୍ଚ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ମେଘ ସ୍ତର ନିମ୍ନଭାଗରେ ଅର୍ଥାତ୍ ଭୂପୃଷ୍ଠରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ପ୍ରେରଣ କରେ ; ତେଣୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ମେଘ ଓ ଭୂପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟ ଏକ ବାୟୁମାଧ୍ୟମ ଯୁକ୍ତ ଧାରିତ୍ର ସଦୃଶ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ମେଘ ସ୍ତର ଓ ଉପରେ ଥିବା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ମେଘ ସ୍ତର ବା ଭୂପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ଯେତେବେଳେ ବିଭବାନ୍ତର ଖୁବ ଅଧିକ ହୁଏ ସେତେବେଳେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସର୍ଜନ ଘଟେ ଓ ଏହି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସର୍ଜନକୁ **ବିଜୁଳି** ବା **ବିଦ୍ୟୁତ୍** (Lightning) କୁହାଯାଏ । ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସର୍ଜନ ସମୟରେ ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ହୁଏ ତାହାର ମାତ୍ରା ପ୍ରାୟ 10,000 ଏମ୍ପିୟର ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏହା ବ୍ୟତୀତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସର୍ଜନ ସମୟରେ ଏକ ଅଗ୍ନିସ୍ଫୁଲିଙ୍ଗ ମଧ୍ୟ ହୁଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତ୍ର ଗତିପଥରେ ଯେଉଁ ବାୟୁ ଥାଏ, ତାହାର ତାପମାତ୍ରା ପ୍ରାୟ 15,000° ଫେରେନ୍ହାଇଟ୍କୁ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ଓ ଫଳରେ ତାହା (ବାୟୁ) ଉତ୍ତପ୍ତ ହୋଇ ଦ୍ରୁତ ପ୍ରସାରିତ ହୁଏ । ପୁନଶ୍ଚ ଏହି ଦ୍ରୁତ ପ୍ରସାରଣ ଫଳରେ ବାୟୁ ଥଣ୍ଡା ହୋଇ ସଙ୍କୁଚିତ ହୋଇଯାଏ ଓ ଏକ ବାୟୁଶୂନ୍ୟତା ସୃଷ୍ଟି କରେ । ଏହି ଶୂନ୍ୟତାକୁ ପୂରଣ କରିବା ପାଇଁ ପାର୍ଶ୍ୱବର୍ତ୍ତୀ ଅଞ୍ଚଳରୁ ବାୟୁ ପ୍ରଚଣ୍ଡ ବେଗରେ ବହିଆସେ ଓ ଫଳରେ ଏକ ପ୍ରଚଣ୍ଡ ଶବ୍ଦ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏହି ଶବ୍ଦକୁ **ମେଘ ଗର୍ଜନ** କୁହାଯାଏ । ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜିତ ମେଘ ଓ ଭୂପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିସର୍ଜନ ହୁଏ ତାହାକୁ ସାଧାରଣତଃ **ବଜ୍ରପାତ** ଓ ବଜ୍ରପାତ ସମୟରେ ଯେଉଁ ଶବ୍ଦ ସୃଷ୍ଟିହୁଏ ତାହାକୁ **ବଜ୍ରନାଦ** କୁହାଯାଏ ।

10·5 ବିଦ୍ୟୁତ ପରିବାହୀ (Lightning conductor) :

ବଜ୍ରପାତଦ୍ୱାରା ଉଚ୍ଚ ଅଟ୍ଟାଳିକା ଯେପରି ଭାଙ୍ଗି ନ ଯାଏ ସେଥିପାଇଁ **ବିଦ୍ୟୁତ ପରିବାହୀ** ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିବାହୀ ଲୁହା କିମ୍ବା ତମ୍ବାର ଏକ ଦୀର୍ଘ ମୋଟା ତାର ଓ ତାହା କୋଠାଘରର କାନ୍ଥରେ ଲାଗିଥାଏ । ଏହି ତାରର ଉପର ପ୍ରାନ୍ତ କୋଠାଘର ଛାତର ପତନଠାରୁ କିଛି ଉଚ୍ଚରେ ଥାଏ ଓ ନିମ୍ନ ପ୍ରାନ୍ତ ଭୂଗର୍ଭରେ ପୋତା ହୋଇଥାଏ ଏବଂ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ତୀକ୍ଷ୍ଣାଗ୍ର ଧାତବ ଦଣ୍ଡ ଏହି ତାରର ଉପର ପ୍ରାନ୍ତ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ ।

ଯେତେବେଳେ ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜିତ ମେଘ କୋଠାଘର ଉପରକୁ ଆସେ ତାହା ତାର ମଧ୍ୟରେ ବିପରୀତ ଚାର୍ଜ ପ୍ରେରଣ କରେ । ତାରର ଉପର ପ୍ରାନ୍ତ ତୀକ୍ଷ୍ଣ ହୋଇଥିବାରୁ ସେଠାରେ ପ୍ରେରିତ ଚାର୍ଜର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଅଧିକ ହୁଏ ଓ ଫଳରେ ତୀକ୍ଷ୍ଣାଗ୍ରରୁ ବିଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ କ୍ଷରଣ ହୁଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ସନ୍ନିକଟସ୍ଥ ବାୟୁକଣାଗୁଡ଼ିକ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୋଇ ଥାଆନ୍ତି ଓ ପରସ୍ପରକୁ ବିକର୍ଷଣ କରି ମେଘ ଆଡ଼କୁ ଗତି କରନ୍ତି । ଫଳରେ ଏହାଦ୍ୱାରା ମେଘର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ପ୍ରଶମିତ ହୋଇଯାଏ ଏବଂ ମେଘ ଓ ଭୂପୃଷ୍ଠ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ବୃଦ୍ଧି ପାଇପାରେ ନାହିଁ ; ତେଣୁ ବଜ୍ରପାତ ସମ୍ଭବ ହୁଏ ନାହିଁ । ଅପର ପକ୍ଷରେ ଯଦି ବିଭବାନ୍ତର ଖୁବ୍ ଅଧିକ ହୋଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିସର୍ଜନ ଘଟେ, ତାହାହେଲେ ତାହା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଭୂଗର୍ଭକୁ ଚାଲିଯାଏ ଓ କୋଠାଘର ନିରାପଦ ରହେ ।

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. ଗୋଟିଏ ଭ୍ୟାନ ଡି ଗ୍ରାଫ ଉତ୍ପାଦନ ଯନ୍ତ୍ରର ଗଠନ ଓ କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

2. ମେଘ କିପରି ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ମେଘ କାହିଁକି ପ୍ରଚଣ୍ଡ ଶବ୍ଦ ସୃଷ୍ଟି କରେ ?

3. ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଷୟରେ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଟିପ୍ପଣୀ ଲେଖ :—

   (i) ବାୟୁମଣ୍ଡଳୀୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ।

   (ii) ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିବାହୀ (Lightning conductor) ।

ତୃତୀୟ ଭାଗ

ଏକାଦଶ ପରିଚ୍ଛେଦ

ପ୍ରବାହୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଜ୍ଞାନ

11·1 ପ୍ରବାହୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ :

ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ବିଜ୍ଞାନରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ଓ ଚାର୍ଜିତ ବସ୍ତୁର ଧର୍ମ, ସେମାନଙ୍କର ବଳକ୍ଷେତ୍ର, ବିଭବ ଇତ୍ୟାଦି ବିଷୟ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଅଛି । ଚାର୍ଜ ଦୁଇ-ପ୍ରକାର—ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ । ଆଧୁନିକ ମତବାଦ ଅନୁଯାୟୀ ପଦାର୍ଥର ପରମାଣୁ (ବା ଅଣୁ) ମୌଳିକ କଣିକା ପ୍ରୋଟନ, ନିଉଟ୍ରନ ଓ ଇଲେକଟ୍ରନଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ପରମାଣୁ କେନ୍ଦ୍ରରେ ଥିବା ନିଉକ୍ଲିୟସ୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରୋଟନ ଓ ନିଉଟ୍ରନ ଥାଏ ଓ ପରମାଣୁର ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଏହି କଣିକା ମଧ୍ୟରେ ନିହିତ ଥାଏ । ଇଲେକଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ନିଉ-କ୍ଲିୟସର ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ବିଭିନ୍ନ କକ୍ଷରେ ଘୂରୁଥାନ୍ତି ଓ ସେଗୁଡ଼ିକର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଖୁବ୍ କମ୍ (ଗୋଟିଏ ଇଲେକଟ୍ରନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଗୋଟିଏ ପ୍ରୋଟନର ବସ୍ତୁତ୍ୱର ପ୍ରାୟ 1/1836 ଭାଗ) । ଏହି କଣିକାମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ପ୍ରୋଟନ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଓ ଇଲେକଟ୍ରନ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ଓ ନିଉଟ୍ରନର କୌଣସି ଚାର୍ଜ ନ ଥାଏ । ଯଦି କୌଣସି ଅଞ୍ଚଳରେ ଏହି ଚାର୍ଜ ମୁକ୍ତ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଏ ଏବଂ ସେହି ଅଞ୍ଚଳରେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ର ବିଦ୍ୟମାନ ଥାଏ, ଅର୍ଥାତ ଦୂରତ୍ୱ ସହିତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥାଏ, ତାହାହେଲେ ଏହି ଚାର୍ଜ ଗତିଶୀଳ ହୁଏ । ବିଦ୍ୟୁତ ଚାର୍ଜର ଏହି ଗତିକୁ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ ଓ ଯେଉଁ ମାଧ୍ୟମ ମଧ୍ୟଦେଇ ତାହା ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ତାହାକୁ ପରିବାହୀ କୁହାଯାଏ । ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହର ଏହି ଧାରଣା ଅନୁଯାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ସଂଜ୍ଞା ମଧ୍ୟ ନିରୂପଣ କରାଯାଇଛି । କୌଣସି ପରିବାହୀର ଅନୁ-ପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ମଧ୍ୟଦେଇ ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହର ହାରକୁ **ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ** କୁହାଯାଏ । କୌଣସି ପରିବାହୀର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଯଦି ବିଭବାନ୍ତର ଅବିରାମ ବଜାୟ ରହେ, ତାହାହେଲେ ସେହି ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଅବିରାମ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ।

11·2 କଠିନ, ତରଳ ଓ ଗ୍ୟାସ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହର କ୍ରିୟା ବିଧି :

(i) **କଠିନ ପଦାର୍ଥ** :—କଠିନ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବହୁ ସଂଖ୍ୟକ ଇଲେକଟ୍ରନ ମୁକ୍ତ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଏ ଓ ଏହି ଇଲେକଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକର ଗତି ଫଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ

ହୁଏ । ପାରଦ ତଥା ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ତରଳ ଧାତବ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଇଲେକଟ୍ରନ ଗତିଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଇଲେକଟ୍ରନ ବିମୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୋଇଥିବାରୁ ନିମ୍ନ ବିଭବରୁ ଉଚ୍ଚ ବିଭବକୁ ଗତି କରେ ; ତେଣୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଦିଗର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଇଲେକଟ୍ରନ ଗତି କରେ ।

(ii) **ତରଳ ପଦାର୍ଥ :**—ପାରଦ ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ସମସ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ଅପରିବାହୀ ଅର୍ଥାତ୍ ସେଥିରେ ମୁକ୍ତଚାର୍ଜ ନ ଥାଏ । କିନ୍ତୁ ଅମ୍ଳ (Acid), ଲବଣ (Salt) ଓ କ୍ଷାରୀୟ ପଦାର୍ଥର (Base) ଦ୍ରବଣ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିବାହୀ ଅଟେ ଓ ସେ ସମସ୍ତକୁ **ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ** (Electrolyte) କୁହାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଏହି ସମସ୍ତ ତରଳ ପଦାର୍ଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର କ୍ରିୟାବିଧି (Mechanism) କଠିନ ପଦାର୍ଥଠାରୁ ଭିନ୍ନ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମୁକ୍ତ ଚାର୍ଜଗୁଡ଼ିକୁ **ଆୟନ** (Ion) କୁହାଯାଏ ଓ ଏହି ଆୟନ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହୋଇପାରେ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ $CuSO_4$ ଦ୍ରବଣରେ $CuSO_4$ ବିଯୋଜିତ ହୋଇ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ Cu^{++} ଆୟନ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ SO_4^{--} ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଦ୍ରବଣଟି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ନିରପେକ୍ଷ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଏ କାରଣ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ମୋଟ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନର ପରିମାଣ ସମାନ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ଗୋଟିଏ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ **ବିଦ୍ୟୁତ ଅଗ୍ର** (Electrode) ନିମଜ୍ଜିତ ହେଲେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ଦିଗରେ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ଦିଗରେ ଗତି କରନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଏହି ଆୟନର ଗତି ଖୁବ୍ ଧୀର । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଉଭୟ ପ୍ରକାର ଆୟନର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି ଫଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ।

(iii) **ଗ୍ୟାସ :**—ଗ୍ୟାସ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ମୁକ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ ଚାର୍ଜ ନ ଥାଏ ଓ ତେଣୁ ସ୍ୱାଭାବିକ ଅବସ୍ଥାରେ ଏହା ମଧ୍ୟଦେଇ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ଭୋଲଟେଜ ପ୍ରୟୋଗଦ୍ୱାରା ବା ତେଜସ୍କ୍ରିୟ ପଦାର୍ଥର ବିକିରଣଦ୍ୱାରା ଗ୍ୟାସ ମଧ୍ୟରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ ଉଦ୍ଭବ ହୋଇପାରେ ଏବଂ ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ଠିକ୍ ତରଳ ପଦାର୍ଥ ପରି ତାହା ବିଦ୍ୟୁତ ପରିବହନ କରେ ।

11·3 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ଉତ୍ସ :

ପୂର୍ବରୁ କୁହାଯାଇଛି ଯେ ବିଭବାନ୍ତରଦ୍ୱାରା ମୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ଗତିଶୀଳ ହୁଏ ଓ ଫଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ତେଣୁ ଯଦି ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀ ତାରର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବିଭବାନ୍ତର ଉପଜାତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ

ପ୍ରବାହିତ ହେବ ଓ ଏହି ବିଭବାନ୍ତରମାନ ଯଦି ସର୍ବଦା ସ୍ଥିର ରହେ, ତାହାହେଲେ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ଅବିରାମ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହିତ ହେବ । ଅବିରାମ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉପାୟରେ ସ୍ଥିର ବିଭବାନ୍ତର ବଜାୟ ରଖାଯାଇପାରେ ।

(i) ବିଦ୍ୟୁତ-ରାସାୟନିକ କୋଷ (Electro-chemical cells)
(ii) ତାପ-ଯୁଗଳ (Thermo couples)
(iii) ଆଲୋକ ବିଦ୍ୟୁତ କୋଷ (Photo electric cells)
(iv) ଡାଇନାମୋ (Dynamo-electromagnetic generators)

11·4 ବିଦ୍ୟୁତ ରାସାୟନିକ କୋଷ :

ବିଦ୍ୟୁତ କୋଷଦ୍ୱାରା ରାସାୟନିକ ଶକ୍ତିର ବିନିମୟରେ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଏ । ଏହା ଦୁଇପ୍ରକାର, ଯଥା :—(i) ପ୍ରାଥମିକ କୋଷ (Primary cell) ଓ (ii) ଗୌଣ ବା ସଞ୍ଚାୟକ କୋଷ (Secondary cell or Accumulator) । ପ୍ରାଥମିକ କୋଷରେ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଆଂଶିକ ନିମଜ୍ଜିତ ଦୁଇଟି ବିଭିନ୍ନ ଧାତବ ଫଳକ (ବିଦ୍ୟୁତଅଗ୍ର) ମଧ୍ୟରେ କୋଷରେ ବ୍ୟବହୃତ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରକ୍ରିୟା ଫଳରେ ଏକ ବିଭବାନ୍ତର ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ ଓ ଫଳକଦ୍ୱୟକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ବାହାରେ ତାର-ଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ସେଥିରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଏଠାରେ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ସଞ୍ଚାର ବିନା ସାହାଯ୍ୟରେ କୋଷରେ ବ୍ୟବହୃତ ପଦାର୍ଥର ରାସାୟନିକ ଶକ୍ତିର ବିନିମୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ । କୋଷଟି କିଛିକାଳ ବ୍ୟବହୃତ ହେଲେ ଧାତବ ବିଦ୍ୟୁତ୍ଅଗ୍ର କ୍ରମେ ନିଃଶେଷ ହୋଇଯାଏ ଓ ନୂତନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରର ପୁନଃସ୍ଥାପନ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ସଂଗୃହକ କୋଷରୁ ଯେଉଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ମିଳେ, ତାହା କୋଷରେ ବ୍ୟବହୃତ ପଦାର୍ଥ ପ୍ରକୃତରେ ନିଜେ ଯୋଗାଏ ନାହିଁ । ଏଠାରେ ବାହ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା କୋଷର ଦୁଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ଅଗ୍ର ମଧ୍ୟରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିଭବାନ୍ତର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଓ ଏହି ରୀତିରେ ଯେଉଁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ବ୍ୟୟ ହୁଏ, ତାହା କୋଷରେ ବ୍ୟବହୃତ ପଦାର୍ଥରେ ରାସାୟନିକ ଶକ୍ତି ଭାବରେ ସଞ୍ଚିତ ହୋଇ ରହେ । ଏହି କ୍ରିୟାକୁ କୋଷର **ଶକ୍ତୀକରଣ** (Charging) କୁହାଯାଏ । ପରେ ଯେତେବେଳେ କୋଷର ଦୁଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ଅଗ୍ରକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ବାହାରେ ତାରଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ, ସେତେବେଳେ ଏହି ସଞ୍ଚିତ ରାସାୟନିକ ଶକ୍ତି ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଓ ତାର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଏଠାରେ କିନ୍ତୁ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପରେ କୋଷର ବିଭବାନ୍ତର ନିମ୍ନ ହୋଇଯାଏ ଓ ଫଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ପ୍ରବାହ କ୍ଷୀଣ ହୋଇଯାଏ ।

ଯେତେବେଳେ ଏହି ଅବସ୍ଥା ଉପଜାତ ହୁଏ, ସେତେବେଳେ କୋଷକୁ ପୁନର୍ବାର ଚାର୍ଜ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ; କିନ୍ତୁ ନୂତନ ରାସାୟନିକ ପଦାର୍ଥର ପୁନଃସ୍ଥାପନ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ନାହିଁ । ଏଠାରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟରେ ଥିବା ଜଳ ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହୋଇ ଯାଉଥିବାର ମଝିରେ ମଝିରେ କେବଳ ଆବଶ୍ୟକତା ଅନୁଯାୟୀ କୋଷରେ କିଛି ସ୍ୱଚ୍ଛ ପାତିତ (Distilled) ଜଳ ପୂରଣ କରାଯାଏ ।

11·5 ସଂସ୍ପର୍ଶ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ବିଭବାନ୍ତର (Contact and electrode potential difference) :

(i) ଦୁଇ ବିଭିନ୍ନ କଠିନ ପଦାର୍ଥର ସଂସ୍ପର୍ଶଦ୍ୱାରା ବିଭବାନ୍ତର :— ଭିନ୍ନ ପଦାର୍ଥର ଦୁଇଟି କଠିନ ପରିବାହୀ ପରସ୍ପରକୁ ସ୍ପର୍ଶ କଲେ, ସେମାନଙ୍କର ସଂସ୍ପର୍ଶ ସ୍ଥାନରେ ଏକ ବିଭବାନ୍ତର ଉପଜାତ ହୁଏ ଓ ଏହାକୁ **ସଂସ୍ପର୍ଶ ବିଭବାନ୍ତର** (Contact potential difference) କୁହାଯାଏ । କୌଣସି ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବହୁସଂଖ୍ୟକ ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ଥାଏ ବୋଲି ପୂର୍ବରୁ କୁହାଯାଇଛି । ଏହି ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ପରମାଣୁଗୁଡ଼ିକର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନରେ ଇତସ୍ତତଃ ଭାବରେ ଗତି କରନ୍ତି ଓ ଏହି ଗତିକୁ ତାପୀୟ ଗତି (Thermal motion) କୁହାଯାଏ ; କିନ୍ତୁ ବିଭିନ୍ନ ପରିବାହୀରେ ଏହି ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍‌ର ସଂଖ୍ୟା ଭିନ୍ନ ଓ ସେହି କାରଣରୁ ବିଭିନ୍ନ ପରିବାହୀର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନୀୟ ଚାପ ଓ ସାନ୍ଦ୍ରତା ଭିନ୍ନ । ତେଣୁ ଯେତେବେଳେ ଦୁଇଟି ପରିବାହୀ ପରସ୍ପରକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରନ୍ତି, ସେତେବେଳେ ସେମାନଙ୍କର ସଂସ୍ପର୍ଶ ସ୍ଥାନରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଚାପର ଏକ ତାରତମ୍ୟ ଘଟେ ଓ ଏହି ଚାପଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପର ସହିତ ସମାନ ହେବାପାଇଁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନୀୟ ଉଚ୍ଚ ଚାପ ଅଞ୍ଚଳରୁ ନିମ୍ନ ଚାପ ଅଞ୍ଚଳକୁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ । ଯେଉଁ ପରିବାହୀରୁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ବିଚ୍ୟୁତ ହୋଇଯାଏ, ତାହା ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ ଓ ଯେଉଁ ପରିବାହୀକୁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ଚାଲିଯାଏ, ତାହା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ । ଏହା ଫଳରେ ଉଭୟ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ସେମାନଙ୍କର ସଂସ୍ପର୍ଶ ସ୍ଥାନରେ ଏକ ବିଭବାନ୍ତର ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ଓ ଏହା ହିଁ **ସଂସ୍ପର୍ଶ ବିଭବାନ୍ତର ।**

ତମ୍ବା ଓ ଦସ୍ତାଫଳକ ପରସ୍ପରକୁ ସ୍ପର୍ଶ କଲେ ଦସ୍ତାଫଳକରୁ ତମ୍ବାକୁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ । ଏହା ଫଳରେ ଦସ୍ତା ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଓ ତମ୍ବା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର 0·6 ଭୋଲ୍‌ଟ ହୁଏ । ବୈଜ୍ଞାନିକ ଭୋଲ୍‌ଟ । ବିଭିନ୍ନ ଧାତବ ପଦାର୍ଥର ଏକ କ୍ରମ ତାଲିକା ପ୍ରସ୍ତୁତ କରିଥିଲେ ଏବଂ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ, ଏହି ତାଲିକାଭୁକ୍ତ ଯେ କୌଣସି ଧାତବ ପଦାର୍ଥ ତାହାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ଧାତବ ପଦାର୍ଥର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସିଲେ ତାହାର ବିଭବ ଉଚ୍ଚ ହେବ ଓ ତାହାର ପୂର୍ବବର୍ତ୍ତୀ

ଧାତବ ପଦାର୍ଥର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସିଲେ ତାହାର ବିଭବ କମ୍ ହେବ । ତାଲିକାଟି କ୍ରମାନୁସାରେ ଦିଆଗଲା —

Zn, Pb, Sn, Fe, Cu, Ag

(ii) **କଠିନ-ତରଳ ସଂସ୍ପର୍ଶଦ୍ୱାରା ବିଭବାନ୍ତର** :—ବୈଜ୍ଞାନିକ ହେଲ୍ମହୋଲ୍‌ଟ୍‌ଜ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ, କୌଣସି କଠିନ ଧାତବ ପଦାର୍ଥ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର (ତରଳ) ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସିଲେ ସେମାନଙ୍କର ସଂସ୍ପର୍ଶ ସ୍ଥାନରେ ଏକ ବିଭବାନ୍ତର ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ । ଏହି ବିଭବାନ୍ତରକୁ **ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର (Electrode) ବିଭବାନ୍ତର** କୁହାଯାଏ । Cu ଓ Zn ଫଳକକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ $H_2 SO_4$ ମଧ୍ୟରେ ଆଂଶିକ ନିମଜ୍ଜିତ କଲେ ଏହି ସ୍ଥିତିରେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବିଭବାନ୍ତର ଉପଜାତ ହୁଏ ; କିନ୍ତୁ ଏହି ବିଭବାନ୍ତର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ (ପରିବାହୀ)ଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ ଦୁଇ କଠିନ ଧାତବ ପଦାର୍ଥର **ସଂସ୍ପର୍ଶ ବିଭବାନ୍ତର** ନୁହେଁ । Cuକୁ ଲଘୁ $H_2 SO_4$ ମଧ୍ୟରେ ନିମଜ୍ଜିତ କଲେ ତାହାର ବିଭବ ଅମ୍ଳ ତୁଳନାରେ ଅଧିକ ହୁଏ ଓ Znକୁ ଲଘୁ $H_2 SO_4$ ମଧ୍ୟରେ ନିମଜ୍ଜିତ କଲେ ତାହାର ବିଭବ ଅମ୍ଳ ତୁଳନାରେ କମ୍ ହୁଏ । ତେଣୁ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ Cuର ବିଭବ Zn ତୁଳନାରେ ଅଧିକ; କିନ୍ତୁ Cu ଓ Zn ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଅମ୍ଳକୁ ପରିବାହୀ ବିବେଚନା କଲେ ସଂସ୍ପର୍ଶ ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ Znର ବିଭବ Cu ତୁଳନାରେ ଅଧିକ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ତେଣୁ **ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ବିଭବ**କୁ ସଂସ୍ପର୍ଶ ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ ବୁଝାଇବା ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ । ବୈଜ୍ଞାନିକ ନର୍ଣ୍ଣଷ୍ଟ୍ (Nernst) ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ବିଭବ କିପରି ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ, ତାହା **ଆୟନ ତତ୍ତ୍ୱ** ସାହାଯ୍ୟରେ ବ୍ୟାଖ୍ୟା କରିଛନ୍ତି ।

11·6 ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ବିଭବ ସମ୍ବନ୍ଧରେ ନର୍ଣ୍ଣଷ୍ଟ୍‌ଙ୍କ ଆୟନ ତତ୍ତ୍ୱ : (Nernst's Theory electrode potential)

ବୈଜ୍ଞାନିକ ନର୍ଣ୍ଣଷ୍ଟ୍‌ଙ୍କ ମତ ଅନୁଯାୟୀ ଯେତେବେଳେ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସେ, ସେତେବେଳେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରୋନୀୟ ଚାପର ତାରତମ୍ୟ ଘଟେ, ତାହା ଫଳରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ନ ହୋଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ରର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଧାତବ ଆୟନ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ । କୌଣସି କଠିନ ଧାତବ ପଦାର୍ଥ ଏକ ଦ୍ରବଣର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସିଲେ ତାହା ତାହାର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଧାତବ ଆୟନକୁ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରବୃତ୍ତ ହୁଏ ଓ ଏହାଫଳରେ କଠିନ ପଦାର୍ଥ ଓ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଚାପ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏହି ଚାପକୁ **ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣୀୟ ଦ୍ରବଣ ଚାପ (Electolytic solution pressure)** କୁହାଯାଏ ଓ ଏହା ଧାତବ ପଦାର୍ଥ ଓ ଦ୍ରବଣର ପ୍ରକୃତି ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ବିଦ୍ୟୁତ୍

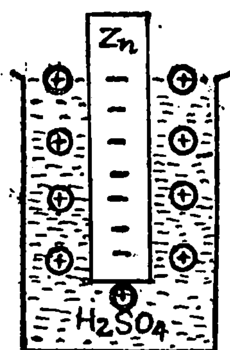
ଅଗ୍ର ଯେଉଁ ଧାତବ ପଦାର୍ଥରେ ନିର୍ମିତ ସେହି ଧାତବ ପଦାର୍ଥର ଆୟନ ଯଦି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଥାଏ, ତାହାହେଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ଏହି ଧାତବ ଆୟନକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ଉପରେ ସ୍ଥାପନ କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରବୃତ୍ତ ହୁଏ ଓ ଏହାଫଳରେ ମଧ୍ୟ ଏକ ଚାପ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଏବଂ ଏହି ଚାପକୁ **"ଆସମୋସୀୟ ଚାପ"** (Osmotic pressure) ବା **"ବିସରଣ ଚାପ"** (Diffusion pressure) କୁହାଯାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଯଦି ଏପରି ଧାତବ ପଦାର୍ଥର ଆୟନ ନ ଥାଏ, ତାହାହେଲେ ଆସମୋସୀୟ ଚାପ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ $Cu\,SO_4$ ଦ୍ରବଣରେ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ବ୍ୟବହାର କଲେ ଅସ୍‌ମୋସୀୟ ଚାପ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ନାହିଁ । ଯଦି ଦ୍ରବଣ ଚାପ ଅଧିକ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ କଠିନ ପଦାର୍ଥରୁ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟକୁ ଚାଲିଯାଏ, ଯଦି ବିସରଣ ଚାପ ଅଧିକ ହୁଏ, ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ ଦ୍ରବଣରୁ କଠିନ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟକୁ ଚାଲିଯାଏ ।

(i) **ଦ୍ରବଣ ଚାପର ଆଧିକ୍ୟ :** – ଯଦି କୌଣସି ଧାତବ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ସେହି ଧାତବ ଆୟନ ଥିବା ଏକ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ଆଂଶିକ ନିମଜ୍ଜିତ ହୁଏ ଓ ଦ୍ରବଣ ଚାପ ଅସମୋସୀୟ ଚାପ ତୁଳନାରେ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ, ତାହାହେଲେ ଧାତବ ଦଣ୍ଡରୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଧାତବ ଆୟନ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟକୁ ଚାଲିଯାଏ । ଏହାଫଳରେ ଧାତବ ଦଣ୍ଡଟି ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଓ ଦ୍ରବଣ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ । ଏହି କ୍ରିୟା କିଛି ସମୟ ଚାଲିଲା ପରେ ଧାତବ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ରରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଜମିଯାଏ ଓ ତାହା ଦ୍ରବଣର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜକୁ ଧାତବ ଦଣ୍ଡ ନିକଟରେ ଧରି ରଖେ । ଏହି ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜର ଆକର୍ଷଣ ଫଳରେ ଧାତବ ଦଣ୍ଡରୁ ଆଉ ଅଧିକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ ଓ ଫଳରେ ଆଣବିକ ଦୂରତ୍ୱରେ ବିପରୀତ ଚାର୍ଜର ଦୁଇଗୋଟି ସ୍ତର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । ଏହାକୁ **"କେଲଭିନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱି ସ୍ତର"** (Kelvin's double layer) କୁହାଯାଏ । ପୁନଶ୍ଚ ଠିକ୍ ଏହି ସମୟରେ ଅସମୋସୀୟ ଚାପ ଫଳରେ ଦ୍ରବଣର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ ଧାତବ ଦଣ୍ଡ ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରିବାପାଇଁ ପ୍ରବୃତ୍ତ ହୁଏ । ଧାତବ ଦଣ୍ଡ ଯଦି ରୋଧିତ ହୋଇଥାଏ, ତାହାହେଲେ କିଛି ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଦ୍ରବଣ ଚାପ ଫଳରେ ଧାତବ ଦଣ୍ଡରୁ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟକୁ ଯାଉଥିବା ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନରସଂଖ୍ୟା ଅସମୋସୀୟ ଚାପ ଫଳରେ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରୁ ଧାତବ ଦଣ୍ଡ ମଧ୍ୟକୁ ଯାଉଥିବା ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନର ସଂଖ୍ୟା ସହିତ ସମାନ ହୁଏ ଓ ଏକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥା ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଏବଂ ଚାର୍ଜର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ । ଏହି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ଧାତବ ଦଣ୍ଡ ଓ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ସୃଷ୍ଟି ହେଉଥିବା ବିଭବାନ୍ତରକୁ **ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ବିଭାବାନ୍ତର** କୁହାଯାଏ ।

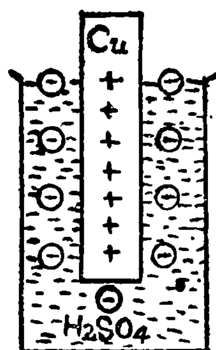
(ii) **ଅସ୍‌ମୋସୀୟ ଚାପର ଆଧିକ୍ୟ :**—ଯଦି ଦ୍ରବଣ ଚାପ ତୁଳନାରେ ଅସ୍‌ମୋସୀୟ ଚାପ ଅଧିକ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଦ୍ରବଣର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ ଧାତବ ଦଣ୍ଡ

ମଧ୍ୟକୁ ଚାଲିଯାଏ । ଏହାଫଳରେ ଦ୍ରବଣ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଓ ଧାତବ ଦଣ୍ଡ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ ଓ ଉଭୟ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବିଭବାନ୍ତର ଉପଜାତ ହୁଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମଧ୍ୟ ଯଦି ଧାତବ ଦଣ୍ଡ ରୋଧିତ ହୋଇଥାଏ, ତାହାହେଲେ କିଛି ସମୟ ପରେ କେଲଭିନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିସ୍ତର ସୃଷ୍ଟି ହେବ ଓ ଚାର୍ଜର ସ୍ଥାନାନ୍ତରଣ ବନ୍ଦ ହୋଇଯିବ ।

$ZnSO_4$ ଦ୍ରବଣରେ ଗୋଟିଏ ଦସ୍ତାଫଳକ (Zn) ଆଂଶିକ ନିମଜ୍ଜିତ ହେଲେ Znର ଦ୍ରବଣ ଚାପ $ZnSO_4$ ଦ୍ରବଣରେ ଥିବା Zn ଆୟନର ଅସମୋସୀୟ ଚାପ ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ହୁଏ ; ତେଣୁ ଦସ୍ତାଫଳକରୁ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟକୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ Zn ଆୟନ ଚାଲିଯାଏ । ଏହା ଫଳରେ ଦସ୍ତା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଓ ନିକଟସ୍ଥ ଦ୍ରବଣ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବିଭବାନ୍ତର ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ । $ZnSO_4$ ଦ୍ରବଣ ତୁଳନାରେ Znର ବିଭବ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହେବ ।



(a)



(b)

(ଚିତ୍ର ନଂ 11.1)

ଗୋଟିଏ ଦସ୍ତା-ଫଳକ (ଚିତ୍ର ନଂ11.1a) ଲଘୁ H_2SO_4 ମଧ୍ୟରେ ଆଂଶିକ ନିମଜ୍ଜିତ ହେଲେ ଦସ୍ତାର ଦ୍ରବଣ ଚାପ H_2SO_4 ମଧ୍ୟରେ ଥିବା H^+ ଆୟନର ଅସମୋସୀୟ ଚାପ ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ହୁଏ । ତେଣୁ ଦସ୍ତାଫଳକରୁ Zn^+ ଆୟନ ଦ୍ରବଣ (H_2SO_4) ମଧ୍ୟକୁ ଚାଲିଯାଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା Zn ଫଳକ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଓ ନିକଟସ୍ଥ H_2SO_4 ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ Znର ବିଭବ H_2SO_4 ତୁଳନାରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହୋଇଥାଏ ଓ ତାହାର ମାନ -0.62 ଭୋଲ୍ଟ ।

ଲଘୁ H_2SO_4 ମଧ୍ୟରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 11.1b) ଗୋଟିଏ ତମ୍ବା ଫଳକ (Cu) ଆଂଶିକ ନିମଜ୍ଜିତ ହେଲେ Cuର ଦ୍ରବଣ ଚାପ H_2SO_4 ମଧ୍ୟରେ ଥିବା $H+$ ଆୟନର ଅସମୋସୀୟ ଚାପ ଅପେକ୍ଷା କମ୍ ହୁଏ । ତେଣୁ H_2SO_4ରୁ $H+$ ଆୟନ Cu ଫଳକକୁ ଚାଲିଯାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା Cu ଫଳକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଓ ନିକଟସ୍ଥ H_2SO_4 ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଭାବେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ । ଏଠାରେ Cuର ବିଭବ H_2SO_4 ଦ୍ରବଣ ତୁଳନାରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ତାହାର ମାନ $+0.46$ ଭୋଲ୍ଟ ।

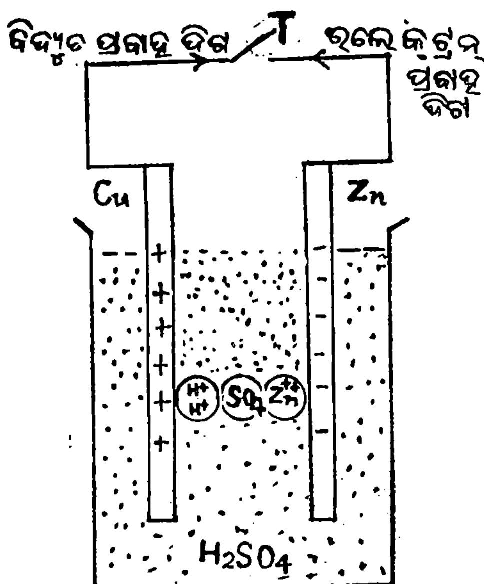
ନିମ୍ନରେ କେତେକ ଧାତବ ପଦାର୍ଥ ଓ କେତେକ ବିଦ୍ୟୁତବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ବିଭବାନ୍ତରର ଏକ ତାଲିକା ଦିଆଯାଇଛି ।

ବିଦ୍ୟୁତ୍ଅଗ୍ର ବିଭବାନ୍ତର :—

ଧାତବ ପଦାର୍ଥ	ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ		
	H_2SO_4	Hcl	Sulphate
ଦସ୍ତା	—0 62 ଭୋଲ୍ଟ	—0·54	—0.52
ତମ୍ବା	+0·46	+0·35	+0·52
ରୂପା	+0·73	+0·57	+0·97
ପାରଦ	+0·86	+0·57	+0·98

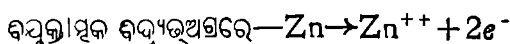
11.7 ସରଳ ଭୋଲ୍ଟୀୟ କୋଷ :

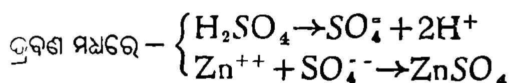
ବୈଜ୍ଞାନିକ ଆଲେସାଣ୍ଡ୍ରୋ ଭୋଲ୍ଟା ଏହି କୋଷ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ । ଏହା (ଚିତ୍ର ନଂ 11.2) ଗୋଟିଏ କାଚପାତ୍ରରେ ନିଆଯାଇଥିବା କିଛି ଲଘୁ ଗନ୍ଧକାମ୍ଳ (dil H_2SO_4) ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ କିଛି ବ୍ୟବଧାନରେ ଆଂଶିକ ନିମଜ୍ଜିତ ଗୋଟିଏ ତମ୍ବା ଓ ଗୋଟିଏ ଦସ୍ତାଫଳକଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଏଠାରେ ଦସ୍ତାର (Zn) ଦ୍ରବଣ ଚାପ H_2SO_4ରେ H^+ ଆୟନର ଅସମୋସୀୟ ଚାପଠାରୁ ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ଦସ୍ତାଫଳକର Z^{++} ଆୟନ H_2SO_4 ମଧ୍ୟକୁ ଚାଲିଯାଏ ଓ ଫଳରେ ଦସ୍ତାଫଳକ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆବେଶିତ ହୁଏ ଏବଂ Zn ଓ ଦ୍ରବଣମଧ୍ୟରେ ଏକ ବିଭବାନ୍ତର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦ୍ରବଣ ତୁଳନାରେ Znର ବିଭବ —0.62 ଭୋଲ୍ଟ ହୋଇଥାଏ । ପୁନଶ୍ଚ Cuର ଦ୍ରବଣ ଚାପଠାରୁ H_2SO_4ରେ ଥିବା H^+ ଆୟନର ଅସମୋସୀୟ ଚାପ ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ଦ୍ରବଣର H^+ ଆୟନରୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ Cu ଫଳକକୁ ଚାଲିଯାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା Cu ଯୁକ୍ତାତ୍ମକଭାବେ

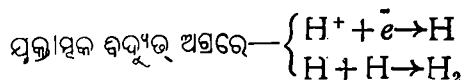


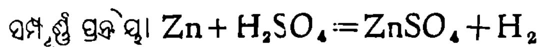
(ଚିତ୍ର ନଂ 11.2)

ଗୃହିତ ହୁଏ ଓ ଦ୍ରବଣ ତୁଳନାରେ Cuର ବିଭବ +0·46 ଭୋଲ୍ଟ ହୁଏ । ସୁତରାଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ Cu ଓ Zn ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର +·46−(−0.62)=1.08 ଭୋଲ୍ଟ ହୁଏ । ଯେତେବେଳେ କୋଷ ବାହାରେ Zn ଓ Cu ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇ ନ ଥାଏ । ସେତେବେଳେ ଏହି ବିଭବାନ୍ତରକୁ କୋଷର **ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚାଳକ ବଳ** (Electro-motive force) କୁହାଯାଏ । ଏଠାରେ Cu ଓ Zn ଫଳକ ଯଥାକ୍ରମେ କୋଷର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର । କୋଷ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା ସଂଘଟିତ ହୁଏ, ତାହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା—


ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ରରେ—$Zn \rightarrow Zn^{++} + 2e^-$


ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ – $\begin{cases} H_2SO_4 \rightarrow SO_4^{--} + 2H^+ \\ Zn^{++} + SO_4^{--} \rightarrow ZnSO_4 \end{cases}$


ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରରେ—$\begin{cases} H^+ + e^- \rightarrow H \\ H + H \rightarrow H_2 \end{cases}$


ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରକ୍ରିୟା $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

ଏଠାରେ H^+ ଆୟନଦ୍ୱୟ ସେମାନଙ୍କର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଗୁଣ Cu ଫଳକରେ ବିସର୍ଜନ କରି ପରସ୍ପର ସହିତ ମିଳିତ ହୁଅନ୍ତି ଓ ଏକ କ୍ଲୀବ ଉଦଜାନ ଅଣୁରେ ପରିଣତ ହୁଅନ୍ତି । ଏହି କ୍ଲୀବ ଉଦଜାନ ଅଣୁ ବୁଦ୍‌ବୁଦ ଆକାରରେ ଉପରକୁ ଉଠିଯାଏ ।

Cu ଓ *Zn* ଫଳକକୁ H_2SO_4 ଦ୍ରବଣ ବାହାରେ ତାରଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ଏହି ତାର ମଧ୍ୟଦେଇ *Zn*ରୁ *Cu*କୁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ପ୍ରବାହିତ (Drift) ହୁଏ ଓ ଏହା ହିଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହର ପ୍ରକୃତ ଦିଗ; କିନ୍ତୁ ପ୍ରଚଳିତ ରୀତି ଅନୁଯାୟୀ ଏହାର ବିପରୀତ ଦିଗକୁ ବିଦ୍ୟୁତପ୍ରବାହର ଦିଗ କୁହାଯାଏ ।

ବାହ୍ୟପଥରେ *Zn* ଫଳକରୁ *Cu* ଫଳକ ଦିଗରେ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ଗତି କରିବା ଫଳରେ ଫଳକ ନିକଟରେ ସୃଷ୍ଟି ହୋଇଥିବା ସ୍ଥିରତର ସାମ୍ୟାବସ୍ଥା ନଷ୍ଟ ହୁଏ ଓ ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର (ବି: ଚା: ବ:) ହ୍ରାସ ପାଏ । ତେଣୁ ପୂର୍ବ ବିଭବାନ୍ତର ବଜାୟ ରଖିବା ପାଇଁ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ପୁନର୍ବାର ଆରମ୍ଭ ହୁଏ । ଦସ୍ତା ପରିତ୍ୟାଗ କରି ତମ୍ବା ଦିଗରେ ପ୍ରତି ଦୁଇଟି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ଚାଲିଯିବା ବେଳେ ଦସ୍ତାରୁ ଗୋଟିଏ Z^{++} ଆୟନ H_2SO_4 ଦ୍ରବଣମଧ୍ୟକୁ ଯାଏ ଓ ଦ୍ରବଣରୁ ଦୁଇଟି H^+ ଆୟନର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଗୁଣ C_u ଉପରେ ବିସର୍ଜିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହାଫଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କୋଷର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚାଳକ ବଳ

ମିଶି ରହେ । ସୁତରାଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ବଜାୟ ରଖିବା ପାଇଁ ଅଧିକରୁ ଅଧିକ Z_n^{++} ଆୟନ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟକୁ ଚାଲିଯାଏ ।

11·8 ସରଳ ଭୋଲଟୀୟ କୋଷର ତ୍ରୁଟି ଓ ତାହାର ପ୍ରତିକାର :

ସରଳ ଭୋଲଟୀୟ କୋଷରେ ଦୁଇଗୋଟି ତ୍ରୁଟି ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ, ଯଥା :—(i) ସ୍ଥାନୀୟ କ୍ରିୟା ଓ (ii) ଧ୍ରୁବଣ । ଏହି ତ୍ରୁଟି ଯୋଗୁଁ କୋଷର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ ପାଏ ।

(i) **ସ୍ଥାନୀୟ କ୍ରିୟା :**—ସାଧାରଣ ଦସ୍ତାଫଳକରେ ଲୁହା, ସୀସା, ଅଙ୍ଗାର ପ୍ରଭୃତି ଖାଦ ଥାଏ ଓ ଏହି କାରଣରୁ ଦସ୍ତାଫଳକ H_2SO_4 ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ଆଂଶିକ ନିମଜ୍ଜିତ ହେଲେ, ଦସ୍ତା ଓ ଖାଦ H_2SO_4 ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସି ଦସ୍ତାଫଳକ ଉପରେ ଛୋଟ ଛୋଟ ସ୍ଥାନୀୟ କୋଷ ସୃଷ୍ଟି କରେ ଏବଂ ସେଗୁଡ଼ିକର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ମୂଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ସହିତ ଯୁକ୍ତ ହୁଏ ନାହିଁ । କୋଷର ଫଳକଦ୍ୱୟ ଦ୍ରବଣ ବାହାରେ ତାରଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ ନ ହୋଇଥିଲେ ମଧ୍ୟ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ଚାଲୁ ରହେ ଓ Z_n କ୍ଷୟପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ । ଏହି ପ୍ରକାର ତ୍ରୁଟିର ପ୍ରତିକାର ପାଇଁ ବିଶୁଦ୍ଧ ଦସ୍ତାଫଳକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରେ; କିନ୍ତୁ ବିଶୁଦ୍ଧ ଦସ୍ତା ଖୁବ୍ ମୂଲ୍ୟବାନ ଓ ଲଘୁ H_2SO_4 ସହିତ ତାହାର ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା ସନ୍ତୋଷଜନକ ନୁହେଁ । ତେଣୁ ଖାଦମିଶା ଦସ୍ତାରେ ପାରଦ ଲେପନ କରି (Amalgamation) ତାହାକୁ ସରଳ କୋଷରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଦସ୍ତା ପାରଦରେ ଦ୍ରବୀଭୂତ ହୋଇ ଫଳକର ଉପରିଭାଗରେ ରହେ ଓ H_2SO_4 ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସି ମୂଳ କୋଷ ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ କରାଏ; କିନ୍ତୁ ଖାଦ ପ୍ରଲେପର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଭାଗରେ ରହିଯାଏ ଓ H_2SO_4 ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସେ ନାହିଁ ।

(ii) **ଧ୍ରୁବଣ :**—ସରଳ ଭୋଲଟୀୟ କୋଷ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ସମୟରେ ଉଦ୍‌ଜାନ ଆୟନ (H^+) ତାହାର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ Cu ଫଳକରେ ବିସର୍ଜନ କରି କ୍ଳୀବ ବା ନିଷ୍ପ୍ରଭ ଉଦ୍‌ଜାନ ଅଣୁରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଓ ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍ ଆକାରରେ ଉପରକୁ ଉଠିଯାଏ ; କିନ୍ତୁ ଯେଉଁ ହାରରେ କ୍ଳୀବ ଉଦ୍‌ଜାନ ଅଣୁ ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ, ସେହି ହାରରେ ତାହା ଉପରକୁ ଉଠିଯାଇ ପାରେ ନାହିଁ ଓ ଫଳରେ ବହୁ କ୍ଳୀବ ଉଦ୍‌ଜାନ ଅଣୁ Cu ଫଳକ ଉପରେ ଜମିଯାଏ । ଏହା ଫଳରେ ନବାଗତ ଉଦ୍‌ଜାନ ଆୟନ (H^+) ତମ୍ବାଫଳକ ନିକଟକୁ ଆସି ପାରେ ନାହିଁ ; ତେଣୁ ତାହାର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ Cu ଫଳକରେ ବିସର୍ଜନ କରିପାରେ ନାହିଁ । ଏହାଦ୍ୱାରା ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ ପାଏ । ପୁନଶ୍ଚ ନବାଗତ ଉଦ୍‌ଜାନ ଆୟନ କ୍ଳୀବ ଉଦ୍‌ଜାନ ଅଣୁ ଉପରେ ଜମିଯାଏ ଓ ଏକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ମେରୁ ସୃଷ୍ଟି କରେ ।

ଏହାଫଳରେ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ Cu ଫଳକ ପାଖରେ ଆସୁଥିବା H^+ ଆୟନ ବିକର୍ଷିତ ହୋଇ ଦସ୍ତା ପାଖରେ ଅଗ୍ରସର ହୁଏ । ସୁତରାଂ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ **ବିପରୀତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାଳକ ବଳ** (Back $E.$ $M.$ $F.$) କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ଏହାଫଳରେ ପରିଶେଷରେ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ ।

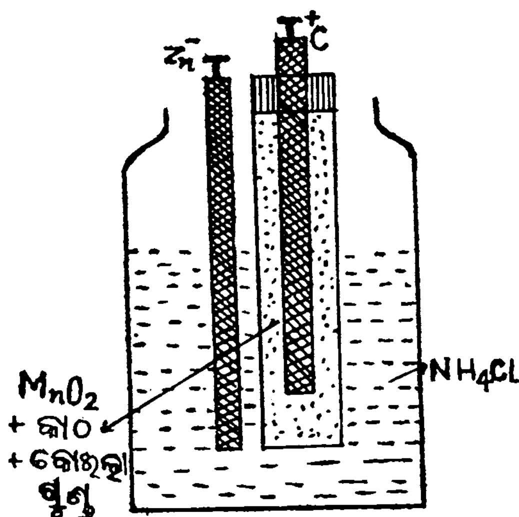
ସରଳ କୋଷର ଧ୍ରୁବଣ ବନ୍ଦ କରିବା ପାଇଁ ସାଧାରଣତଃ ତିନୋଟି ପ୍ରଣାଳୀ ଅବଲମ୍ବନ କରାଯାଇଥାଏ, ଯଥା :—(i) ଯାନ୍ତ୍ରିକ ରୀତି, (ii) ରାସାୟନିକ ପ୍ରଣାଳୀ ଓ (iii) ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରାସାୟନିକ ରୀତି । ଯାନ୍ତ୍ରିକ ରୀତିରେ ତମ୍ବାଫଳକ ଉପରେ ଜମିଥିବା ଉଦ୍‌ଜାନର ବୁଦ୍‌ବୁଦ୍‌କୁ ତୁଳି (Brush) ସାହାଯ୍ୟରେ ପରିଷ୍କାର କରି ଦିଆଯାଏ । ରାସାୟନିକ ରୀତିରେ M_nO_2, $K_2C_{r2}O_7$ ପ୍ରଭୃତି କୌଣସି **ଜାରକ**(Oxidising agent) ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ଓ ଏହି ଜାରକ ଉଦ୍‌ଜାନକୁ ଜଳରେ ପରିଣତ କରେ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରାସାୟନିକ ରୀତିରେ କୋଷରେ ଏପରି ଦୁଇଗୋଟି ଦ୍ରବଣ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ଯେ, ପ୍ରଥମ ଦ୍ରବଣରୁ ଉପଜାତ ହେଉଥିବା ଉଦ୍‌ଜାନ ଦ୍ୱିତୀୟ ଦ୍ରବଣର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସି ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ଯେଉଁ ଧାତୁରେ ନିର୍ମିତ, ସେହି ଧାତୁର ଅଣୁ ସୃଷ୍ଟି କରେ ବା ଧ୍ରୁବଣ ସୃଷ୍ଟି କରୁ ନ ଥିବା ଏକ ଗ୍ୟାସ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ । ଡାନିୟେଲ୍ କୋଷରେ ଏହି ରୀତିରେ ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ବନ୍ଦ କରାଯାଏ ।

11·9 ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ଭୋଲ୍‌ଟୀୟ କୋଷ :

ସରଳ ବିଦ୍ୟୁତକୋଷ ତ୍ରୁଟି ଯୁକ୍ତ ହୋଇଥିବାରୁ ବ୍ୟବହାର ପାଇଁ ଅନୁପଯୁକ୍ତ ଓ ସେଥିପାଇଁ ଉପରୋକ୍ତ ଯେ କୌଣସି ରୀତିରେ ତ୍ରୁଟି ମୁକ୍ତ କରାଯାଇଥିବା ବହୁ ପ୍ରକାର ଭୋଲ୍‌ଟୀୟ କୋଷ ସାଧାରଣ ବ୍ୟବହାର ପାଇଁ ତିଆରି କରାଯାଇଛୁ ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ କେତେଗୁଡ଼ିଏ କୋଷର ବର୍ଣ୍ଣନା ଓ କାର୍ଯ୍ୟରୀତି ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା ।

(i) **ଲେକ୍‌ଲ୍ୟାଙ୍କି କୋଷ :**—ଏହି କୋଷ ତିଆରି କରିବା ପାଇଁ ଗୋଟିଏ କାଚ ପାତ୍ରରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 11·3) କିଛି ଗାଢ଼ NH^4cl ଦ୍ରବଣ ନିଆଯାଏ ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ପାରଦ ପ୍ରଲେପ ଯୁକ୍ତ ଦସ୍ତାଦଣ୍ଡ ଆଂଶିକ ନିମଜ୍ଜିତ କରାଯାଏ । କାଚପାତ୍ର ମଝିରେ NH_4cl ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ସଚ୍ଛିଦ୍ର ପାତ୍ର ଥାଏ । ଏହି ପାତ୍ରକୁ M_nO_2 ଓ କାଠକୋଇଲା ଗୁଣ୍ଡଦ୍ୱାରା ଭର୍ତ୍ତି କରାଯାଇଥାଏ ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଗ୍ୟାସ୍ କାରବନ୍ ଦଣ୍ଡ C ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଥାଏ । ଏଠାରେ ଗ୍ୟାସ୍ କାରବନ ଦଣ୍ଡ ଓ ଦସ୍ତାଦଣ୍ଡ ଯଥାକ୍ରମେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ରର କାର୍ଯ୍ୟକରେ । NH_4cl ଦ୍ରବଣ କୋଷର ସନ୍ଧିସ୍ଥ ତରଳ ଓ M_nO_2 ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ନିବାରକ

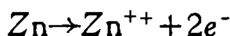
ଅଟେ । M_nO_2କୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିବାହୀ କରିବାପାଇଁ ତାହା ସହିତ କାଠକୋଇଲା ଗୁଣ୍ଡ ମିଶାଯାଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 11·3) [ଲେକ୍ଲ୍ୟାନ୍ସ କୋଷ]

ଦସ୍ତା ଓ NH_4cl ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟାଫଳରେ NH_3 ଗ୍ୟାସ ଓ ଉଦ୍‌ଜାନ ଆୟନ (H^+) ମୁକ୍ତ ହୁଏ । ଏହି NH_3 ଗ୍ୟାସ୍ ଉପରକୁ ଉଠିଯାଏ କିନ୍ତୁ H^+ ସଚ୍ଛିଦ୍ର ପାତ୍ର ମଧ୍ୟକୁ ପ୍ରବେଶ କରି କାରବନ୍ ଦଣ୍ଡ ଦିଗରେ ଅଗ୍ରସର ହୁଏ ଓ ତାହାର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ କାରବନ୍ ଦଣ୍ଡରେ ବିସର୍ଜନ କରି କ୍ଲୀବ ଉଦ୍‌ଜାନ ଅଣୁରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି ଜନ୍ମଜାତ୍ ଉଦଜାନ ଅଣୁ M_nO_2 ସହିତ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା କରି ଜଳରେ ପରିଣତ ହୁଏ ; ତେଣୁ ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣର ସମ୍ଭାବନା ରହେ ନାହିଁ ।

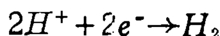
କୋଷରେ ସଂଘଟିତ ହେଉଥିବା ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟାର ସମୀକରଣ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା —



$$Zn \rightarrow Zn^{++} + 2e^-$$



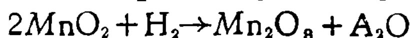
$$Zn^{++} + NH_4cl \rightarrow Z_ncl_2 + 2NH_3 + 2H^+$$



$$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$



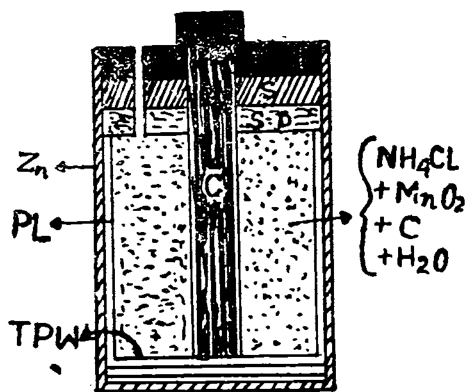
$$Z_n + NH_4cl = Z_ncl_2 + 2NH_3 + H_2$$



$$2MnO_2 + H_2 \rightarrow Mn_2O_3 + A_2O$$

M_nO_2 କଠିନ ପଦାର୍ଥ ହୋଇଥିବାରୁ H_2 ସହିତ ତାହାର ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ଖୁବ୍ ଧୀର ଓ ସେଥିପାଇଁ କୋଷଟି ଦୀର୍ଘ ସମୟ କାର୍ଯ୍ୟ କଲେ କାରବନ୍ ଦଣ୍ଡ ନିକଟରେ କିଛି H_2 ଜମିଯାଏ ଓ ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ଆରମ୍ଭ ହୁଏ ; କିନ୍ତୁ କୋଷଟିକୁ କିଛି ସମୟ ବିଶ୍ରାମ ଦେଲେ ଜମିଥିବା H_2 ଅଣୁ M_nO_2 ସହିତ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା କରି ଜଳରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଓ କୋଷ ତାହାର ପୂର୍ବ ଶକ୍ତି ଫେରପାଏ । ତେଣୁ ଏହି କୋଷ ସବିରାମ କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ ଉପଯୋଗୀ ଓ ସେଥିପାଇଁ ଏହା ଟେଲିଗ୍ରାଫ୍, ଟେଲିଫୋନ୍, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଘଣ୍ଟା ଇତ୍ୟାଦିରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଏହାର ବି: ଗ୍ଃ: ବ: ପ୍ରାୟ 1·4 ଭୋଲ୍ଟ ।

ଶୁଷ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କୋଷ :– ଏହି କୋଷ ଠିକ୍ ଲେକଲ୍ୟାନ୍ସ କୋଷ ପରି (ଚିତ୍ର ନଂ 11·4) ; କିନ୍ତୁ ଏଥିରେ ତରଳ NH_4cl, ପରିବର୍ତ୍ତେ MmO_2, NH_4cl ଅଙ୍ଗାର ଗୁଣ୍ଡ ଓ ଜଳର ଏକ ଲେଇ (Paste) ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଏହି କୋଷରେ ସିଲିଣ୍ଡର ଆକୃତିର ଏକ ଦସ୍ତାପାତ୍ର ବିୟୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହି ପାତ୍ର ଭିତରେ ଉପରୋକ୍ତ ଲେଇ ଭର୍ତ୍ତି କରାଯାଇଥାଏ ଓ ଲେଇ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଅଙ୍ଗାର ଦଣ୍ଡ C ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଥାଏ । ଅଙ୍ଗାର ଦଣ୍ଡଟି ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଦସ୍ତାପାତ୍ରର ଭିତର ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଛିଦ୍ରମାନ କାଗଜର ଏକ ସ୍ତର ଥାଏ । ଅଙ୍ଗାର ଦଣ୍ଡ ଦସ୍ତାପାତ୍ରକୁ ନିମ୍ନ ଭାଗରେ ଯେପରି ସ୍ପର୍ଶ ନ କରେ, ସେଥିପାଇଁ ତାହା ତଳେ ଏକ ରୋଧି ପଦାର୍ଥ (T.P.W.) ଦିଆଯାଇଥାଏ । ଲେଇର ଉପରଭାଗରେ କିଛି କାଠଗୁଣ୍ଡ (SD) ଓ ତାହା ଉପରେ ବାଲିର (S) ଏକସ୍ତର ଥାଏ । କୋଷର ଜଳୀୟ ଅଂଶ ଯେପରି ବାଷ୍ପୀଭୂତ ନ ହୁଏ ସେଥିପାଇଁ ବାଲିସ୍ତର ଉପରେ ଏକ ପିଚ୍ ସ୍ତର ଥାଏ ଓ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ଫଳରେ କୋଷରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ଗ୍ୟାସ୍ ବାହାରକୁ ଚାଲିଯିବା ପାଇଁ ପିଚସ୍ତର ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଛିଦ୍ର କରାଯାଇଥାଏ ।

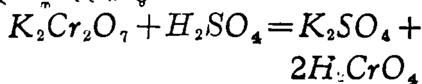


(ଚିତ୍ର ନଂ 11·4) [ଶୁଷ୍କକୋଷ]

ଏହି କୋଷର ବି: ଗ୍ଃ: ବ: 1·4 ଭୋଲ୍ଟ ଓ ଏହା ନେବା ଆଣିବା କରିବାପାଇଁ ସୁବିଧାଜନକ ।

(ii) ବାଇକ୍ରୋମେଟ୍ କୋଷ :—ଏହି କୋଷ ଦୁଇଟି ପରସ୍ପର ସଂଯୁକ୍ତ (ଚିତ୍ର ନଂ 11·5) ଅଙ୍ଗାର ଫଳକ ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପିତ ଗୋଟିଏ ଦସ୍ତାଫଳକ ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଏହି ଫଳକଗୁଡ଼ିକୁ ଗୋଟିଏ କାଚପାତ୍ରରେ ଥିବା ଲଘୁ H_2SO_4 ମଧ୍ୟରେ ଆଂଶିକ ନିମଜ୍ଜିତ କରାଯାଇଥାଏ । ଏଠାରେ ଅଙ୍ଗାର ଓ ଦସ୍ତା ଫଳକ ଯଥାକ୍ରମେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହି କୋଷର ପାର୍ଶ୍ୱିକରଣ ବନ୍ଦ କରିବା ପାଇଁ ସେଥିରେ ଥିବା H_2SO_4 ସହିତ କିଛି ପୋଟାସିୟମ ବାଇକ୍ରୋମେଟ୍ ($K_2Cr_2O_7$) ମିଶାଯାଇଥାଏ ।

ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା :-ଏଠାରେ H_2SO_4 ଓ $K_2Cr_2O_7$ ମଧ୍ୟରେ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ଫଳରେ K_2SO_4 ଓ କ୍ରୋମିକ୍ ଅମ୍ଳ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ।

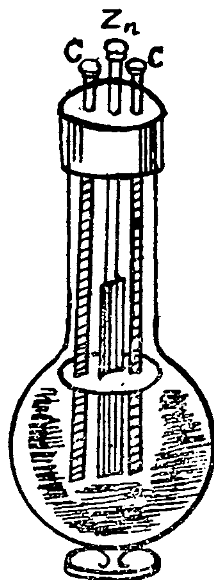


$$K_2Cr_2O_7+H_2SO_4=K_2SO_4+2H_2CrO_4$$

ପୁନଶ୍ଚ Z_n ଫଳକରୁ Z_n^{++} ଆୟନ H_2SO_4 ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟକୁ ଚାଲିଯାଏ ଓ ତାହାର SO_4^{--} ଆୟନ ସହିତ ମିଶି $ZnSO_4$ ଓ H^+ ଆୟନ ସୃଷ୍ଟି କରେ

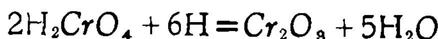


$$Zn^{++}+H_2SO_4\rightarrow ZnSO_4+2H^+$$



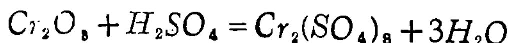
(ଚିତ୍ର ନଂ 11·5)
[ବାଇକ୍ରୋମେଟକୋଷ]

ଏହି H^+ ତାହାର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଅଙ୍ଗାର ଦଣ୍ଡରେ ବିସର୍ଜନ କରି ନିଷ୍କ୍ରିୟ H_2 ଅଣୁରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି H_2 ଅଣୁ କ୍ରୋମିକ୍ ଅମ୍ଳ ଦ୍ୱାରା ଜାରିତ ହୁଏ ଫଳରେ କ୍ରୋମିକ୍ ଅକ୍‌ସାଇଡ଼୍ ଓ ଜଳ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ।



$$2H_2CrO_4+6H=Cr_2O_3+5H_2O$$

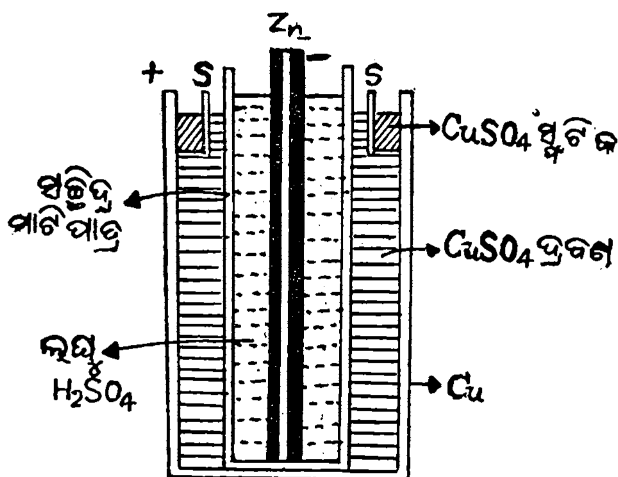
ପୁନଶ୍ଚ କ୍ରୋମିକ୍ ଅକ୍‌ସାଇଡ଼୍ ଓ H_2SO_4 ମଧ୍ୟରେ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ଫଳରେ କ୍ରୋମିକ୍ ସଲ୍‌ଫେଟ ଓ ଜଳ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ।



$$Cr_2O_3+H_2SO_4=Cr_2(SO_4)_3+3H_2O$$

ଏହି କୋଷର ବି: ଗ୍ର: ବ: 1·8 ଭୋଲ୍ଟ ଓ ଏହାର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ଖୁବ କମ୍ । ତେଣୁ ଯେଉଁ କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ ଅଳକ୍ଷଣ ସ୍ଥାୟୀ ପ୍ରବଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ସେହି କାର୍ଯ୍ୟରେ ଏହା ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

(iii) **ଡାନିଏଲ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କୋଷ** :—ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କୋଷ ତିଆରି (ଚିତ୍ର ନଂ 11·6) କରିବା ପାଇଁ ଗୋଟିଏ ତମ୍ବା ପାତ୍ରରେ କିଛି ଗାଢ଼ $CuSO_4$ ଦ୍ରବଣ ନିଆଯାଏ । ଏହି ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ H_2SO_4 ପୂର୍ଣ୍ଣ ସଚ୍ଛିଦ୍ର ମାଟିପାତ୍ର ଥାଏ ଓ ତାହା ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ପାରଦବୋଳା Z_n ଦଣ୍ଡ ଆଂଶିକ ନିମଜ୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ । ଏଠାରେ ତମ୍ବାପାତ୍ର ଓ Z_n ଦଣ୍ଡ ଯଥାକ୍ରମେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର

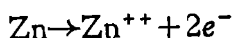


(ଚିତ୍ର ନଂ 11·6) [ଡାନିଏଲ କୋଷ]

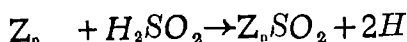
କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଏବଂ $CuSO_4$ ପାର୍ଶ୍ୱିକରଣ ନିବାରକ ଅଟେ । $CuSO_4$ ଦ୍ରବଣର ଗାଢ଼ତା ବଜାୟ ରଖିବା ପାଇଁ ତମ୍ବାପାତ୍ରର ଉପର ଭାଗରେ ଗୋଟିଏ ସଚ୍ଛିଦ୍ର ଥାକରେ (S) କିଛି C_uSO_4 ସ୍ଫଟିକ ଏପରିଭାବରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । ଯେପରିକି ତାହା C_uSO_4 ର ଦ୍ରବଣର ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସୁଥିବ ।

ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା :—ଦସ୍ତା H_2SO_4 ସହିତ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା କରି ଉଦ୍‌ଜାନ ଆୟନ (H^+) ସୃଷ୍ଟି କରେ । ଏହି H^+ ଛିଦ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ମାଟିପାତ୍ର ବାହାରକୁ ଚାଲିଯାଏ ଓ $CuSO_4$ ସହିତ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟାକରି H_2SO_4 ଓ ଧାତବ ତମ୍ବାର

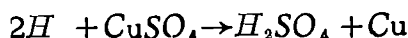
ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ (Cu^{++}) ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ । ଏହି Cu ତମ୍ବା ପାତ୍ର ଉପରେ ଜମିଯାଏ ଓ ତେଣୁ ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ସଂଘଟିତ ହୁଏ ନାହିଁ ।



$$Zn \rightarrow Zn^{++} + 2e^-$$



$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + 2H$$



$$2H + CuSO_4 \rightarrow H_2SO_4 + Cu$$



$$2e^- + Cu^{++} \rightarrow Cu$$



$$Zn + CuSO_4 \rightarrow Cu + ZnSO_4$$

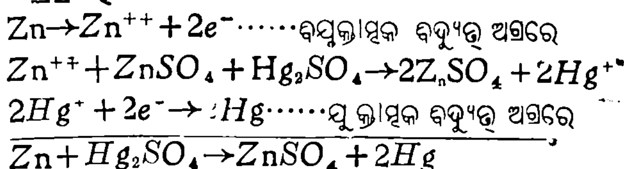
ଏହି କୋଷର ବି: ଗୃ: ବ: 1·08 ଭୋଲ୍ଟ ଓ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଧିକ । ତେଣୁ କ୍ଷୀଣ ଓ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ଏହି କୋଷ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

11·10 ପ୍ରମିତ କୋଷ (Standard Cells) :—ସାଧାରଣ ପ୍ରାଥମିକ କୋଷର ବି: ଗୃ: ବ: ସ୍ଥିର ରହେ ନାହିଁ ଅର୍ଥାତ୍ କୋଷ ବ୍ୟବହୃତ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ତାହାର ବି: ଗୃ: ବ: କ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଏ । ତେଣୁ ସଠିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାପ କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ ଏହି କୋଷ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅନୁପଯୋଗୀ । ଡାନିଏଲ କୋଷରେ ଖୁବ୍ କମ୍ ଧ୍ରୁବଣ ହୁଏ ଓ ତାହାର ବି: ଗୃ: ବ: ପ୍ରାୟ ସ୍ଥିର । ତେଣୁ ଏହି କୋଷକୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାପ କାର୍ଯ୍ୟରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ନିର୍ଭୁଲ ମାପକାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ ସ୍ଥିର ବି: ଗୃ: ବ: ବିଶିଷ୍ଟ ଅଧିକ ନିର୍ଭରଯୋଗ୍ୟ କୋଷ ତିଆରି କରାଯାଇଛି ଓ ଏହି କୋଷକୁ **ପ୍ରମିତ କୋଷ** କୁହାଯାଏ । **ଲଟିମାର କ୍ଲାର୍କ କୋଷ** ଓ **ଓ୍ୱେଷ୍ଟନ୍ କାଡ଼ମିୟମ୍** କୋଷ, ଏ ଦୁଇଟି ସାଧାରଣ ବ୍ୟବହୃତ ପ୍ରମିତ କୋଷ । କୌଣସି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥରେ ଯେ କୌଣସି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ମାପ କରିବା ପାଇଁ ବା ଏମିଟର୍, ଭୋଲ୍ଟମିଟର୍ ଇତ୍ୟାଦିର କ୍ରମାଙ୍କନ (Calibration) ପାଇଁ ଏହି ପ୍ରମିତ କୋଷ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଏହି କୋଷକୁ ଅବିରାମ ବିଦ୍ୟୁତ୍ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ଆଦୌ ବ୍ୟବହାର କରିବା ଉଚିତ ନୁହେଁ । ତାପମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତନ ଦ୍ୱାରା ଏହି କୋଷର ବି: ଗୃ: ବ: ପ୍ରାୟ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ନାହିଁ ।

(i) ଲଟିମାର କ୍ଲାର୍କ କୋଷ (Latimar clarke cell) :— ବୈଜ୍ଞାନିକ ଲଟିମାର କ୍ଲାର୍କ 1872 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ଏହି କୋଷ ପ୍ରଥମେ ତିଆରି କରିଥିଲେ । ଏହା ଅକ୍ଷର *H* ଆକୃତିର ଏକ କାଚ ନଳ (ଚିତ୍ର ନଂ 11·7) ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଏହି କାଚ ନଳର ଗୋଟିଏ ବାହୁର ନିମ୍ନଭାଗରେ କିଛି ବିଶୁଦ୍ଧ ପାରଦ (Hg) ନିଆଯାଇଥାଏ

ଓ ତାହା ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହି ପାରଦ ଉପରେ ମାର୍କୁରସ ସଲ୍‌ଫେଟ୍ (Hg_2SO_4) ଓ ଦସ୍ତା ସଲ୍‌ଫେଟ୍ ($ZnSO_4$) ର ଏକ ଲେଇ (Paste) ଥାଏ । ଅନ୍ୟ ବାହୁର ନିମ୍ନଭାଗରେ କିଛି ପାରଦବୋଳା ଦସ୍ତା [Zn (Hg)] ଥାଏ ଓ ତାହା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଉଭୟ ବାହୁର ଉପର ଭାଗରେ କିଛି ପରିପୃକ୍ତ $ZnSO_4$ ଦ୍ରବଣ ନିଆଯାଇଥାଏ ଓ ଏହି ଦ୍ରବଣ ତାହାର ନିମ୍ନଭାଗରେ ଥିବା $ZnSO_4$ ସ୍ଫଟିକ (Crystal) ଦ୍ଵାରା ସର୍ବଦା ପରିପୃକ୍ତ ହୋଇ ରହେ । ପ୍ରତ୍ୟେକ କାଚ ନଳର ନିମ୍ନଭାଗରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ତାର କାଚ ନଳ ଭିତରକୁ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ ଓ ତାହା ଶେଷାଗ୍ର (Terminal) ର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । କୋଷର ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା—

ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା :—

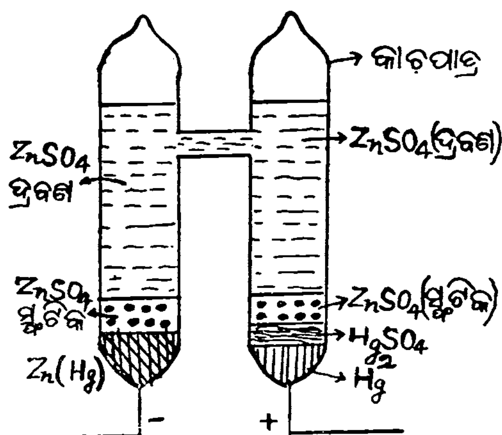


$Zn \rightarrow Zn^{++} + 2e^-$ ……ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରରେ

$Zn^{++} + ZnSO_4 + Hg_2SO_4 \rightarrow 2ZnSO_4 + 2Hg^+$

$2Hg^+ + 2e^- \rightarrow 2Hg$ ……ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରରେ

$Zn + Hg_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + 2Hg$



(ଚିତ୍ର ନଂ 11·7, ଲଟିମାର କ୍ଲାର୍କ କୋଷ)

15°C ତାପମାନରେ ଏହି କୋଷର ବି. ଚା. ବ. 1.4326 ଆନ୍ତର୍ଜାତୀୟ ଭୋଲ୍ଟ ଓ 1 4331 ପରମ ଭୋଲ୍ଟ । t°C ତାପମାନରେ ଏହାର ବି. ଚା. ବ.

$$E_t = 1.4326 - \cdot 00119\,(t-15) - 7 \times 10^{-6}\,(t-15)^2$$ ଆନ୍ତର୍ଜାତୀୟ ଭୋଲ୍ଟ

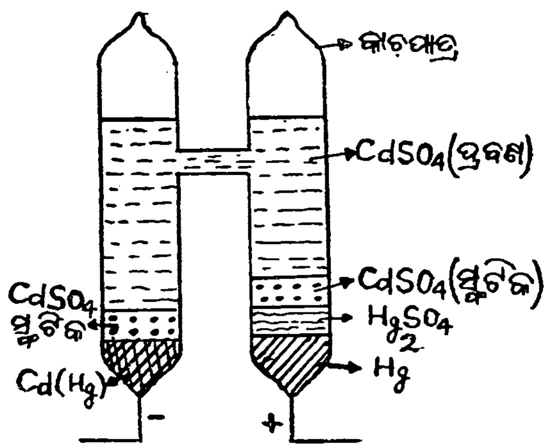
$$= 1\cdot 4331 - \cdot 00119\,(t-15) - 7 \times 10^{-6}(t-15)^2$$ ପରମ ଭୋଲ୍ଟ

ଏହି କୋଷ କିଛି କାଳ କାର୍ଯ୍ୟ କଲାପରେ ଦସ୍ତା ଓ ପ୍ଲାଟିନମ୍‌ର ଏକ ମିଶ୍ର ଧାତୁ (Alloy) ସୃଷ୍ଟି ହୁଏ ଓ ଏହା ଫଳରେ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ତାର ଫୁଲିଯାଇ କାଚ ନଳୀକୁ ଭାଙ୍ଗିଦିଏ । ଏହି କାରଣରୁ କୋଷଟି ଦୀର୍ଘଦିନ ସ୍ଥାୟୀ ହୁଏନାହିଁ ।

ଏହି କୋଷର ବି. ଗ୍ର. ବ. ର ତାପମାତ୍ରା ଗୁଣାଙ୍କ ଅପେକ୍ଷାକୃତ (କାଡ୍‌ମିୟମ୍ କୋଷ ତୁଳନାରେ) ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ 1908 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ଏହାକୁ ବର୍ଜନ କରି କାଡ୍‌ମିୟମ୍ କୋଷକୁ ପ୍ରମିତ କୋଷ ଭାବରେ ଗ୍ରହଣ କରାଗଲା ।

(ii) ଓ୍ୱେଷ୍ଟନ୍ କାଡ୍‌ମିୟମ୍ କୋଷ (Weston Cadmium cell) :—1892 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଏଡ୍‌ୱାର୍ଡ ଓ୍ୱେଷ୍ଟନ ଏହି କୋଷ ତିଆରି କରିଥିଲେ । ଏହି କୋଷ ଅପରିପୃକ୍ତ ବା ପରିପୃକ୍ତଜାତୀୟ ହୋଇପାରେ । ଏଡ୍‌ୱାର୍ଡ ଓ୍ୱେଷ୍ଟନ୍ ଯେଉଁ କୋଷ ତିଆରି କରିଥିଲେ ତାହା ଅପରିପୃକ୍ତ ଜାତୀୟ କିନ୍ତୁ ଆଜିକାଲି ବିଜ୍ଞାନାଗାରମାନଙ୍କରେ ଯେଉଁ କାଡ୍‌ମିୟମ୍ କୋଷ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଛି ତାହା ପରିପୃକ୍ତ ଜାତୀୟ ।

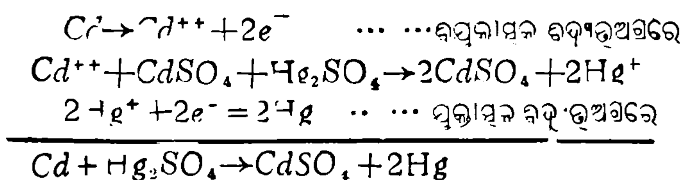
ଓ୍ୱେଷ୍ଟନ୍ କୋଷ ମଧ୍ୟ ଗୋଟିଏ *H* ଆକୃତିର କାଚ ନଳଦ୍ୱାରା (ଚିତ୍ର ନଂ 11.8) ଗଠିତ । ଏହାର ଗୋଟିଏ ବାହୁର ନିମ୍ନଭାଗରେ କିଛି ବିଶୁଦ୍ଧ ପାରଦ ନିଆଯାଏ ଓ ତାହା ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହି ପାରଦ ସ୍ତର ଉପରେ ମାରକୁରସ୍ ସଲ୍‌ଫେଟ୍ (Hg_2SO_4) ଓ କାଡ୍‌ମିୟମ୍ ସଲ୍‌ଫେଟ୍‌ର ($CdSO_4$) ଏକ ଲେଇ (Paste) ଥାଏ । ଅନ୍ୟ ବାହୁର ନିମ୍ନ ଭାଗରେ କିଛି ପାରଦବୋଳା କାଡ୍‌ମିୟମ୍ *Cd* (*Hg*) ଥାଏ ଓ ତାହା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଉଭୟ ବାହୁର ଉପର ଭାଗରେ ପରିପୃକ୍ତ $CdSO_4$ ଦ୍ରବଣ ନିଆଯାଇଥାଏ ଓ ଏହି ଦ୍ରବଣ ତାହାର ନିମ୍ନଭାଗରେ ଥିବା $CdSO_4$ ସ୍ଫଟିକ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସି ସର୍ବଦା



(ଚିତ୍ର ନଂ 11.8, ଓ୍ୱେଷ୍ଟନ୍ କୋଷ)

ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇ ରହେ । ପ୍ରତ୍ୟେକ କାଚ ନଳୀର ନିମ୍ନଭାଗରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ତାର ନଳୀ ଭିତରକୁ ପ୍ରବେଶ କରିଥାଏ ଓ ତାହା ଶେଷାଗ୍ର (Terminal) କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । କୋଷଟିକୁ ଗୋଟିଏ ରୋଧକ ଧାତବ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଥାଏ ଓ ତାହା ଯେପରି ବାହାରକୁ ନ ହୁଏ ସେଥିପାଇଁ ପାତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଶୂନ୍ୟ ସ୍ଥାନକୁ କୌଣସି ରୋଧ ପଦାର୍ଥଦ୍ୱାରା ଭର୍ତ୍ତି କରାଯାଇଥାଏ ।

କୋଷ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା ସଂଘଟିତ ହୁଏ, ତାହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା —



$$Cd \rightarrow Cd^{++} + 2e^{-}$$ ··· ···ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ରରେ

$$Cd^{++} + CdSO_4 + Hg_2SO_4 \rightarrow 2CdSO_4 + 2Hg^{+}$$

$$2Hg^{+} + 2e^{-} = 2Hg$$ ·· ··· ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ରରେ

$$Cd + Hg_2SO_4 \rightarrow CdSO_4 + 2Hg$$

$20°C$ ତାପମାତ୍ରାରେ ଏହି କୋଷର ବି: ଚା: ବ: 1·0183 ଆନ୍ତର୍ଜାତୀୟ ଭୋଲ୍ଟ ଓ 1·01864 ପରମ ଭୋଲ୍ଟ । ଯେ କୌଣସି ତାପମାତ୍ରା $t°C$ରେ ଏହାର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚାଳକ ବଳ

$$E_t = 1{\cdot}0183 - 4{\cdot}06 \times 10^{-5}(t-20) - 9{\cdot}5 \times 10^{-7}(t-20)^2$$

ଆନ୍ତର୍ଜାତୀୟ ଭୋଲ୍ଟ

$$= 1{\cdot}01864 - 4{\cdot}06 \times 10^{-5}(t-20) - 9{\cdot}5 \times 10^{-7}(t-20)^2$$

ପରମ ଭୋଲ୍ଟ

[ଏକ ପରମ ଭୋଲ୍ଟ = 10^8 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଏକକ
ଏକ ଆନ୍ତର୍ଜାତୀୟ ଭୋଲ୍ଟ = 1·00034 ପରମ ଭୋଲ୍ଟ]

ଏହି ପ୍ରମିତ କୋଷକୁ ଅବିରାମ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ନାହିଁ ; କାରଣ ତାହାଦ୍ୱାରା କୋଷଟି ନଷ୍ଟ ହୋଇଯାଏ । କେବଳ ଯେଉଁସବୁ ପରୀକ୍ଷାରେ କ୍ଷୀଣ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ଆବଶ୍ୟକ ଅର୍ଥାତ୍ ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ରୀତିରେ ବିଭିନ୍ନ କୋଷର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚାଳକ ବଳର ତୁଳନା ବା ଏମିଟର, ଭୋଲ୍ଟମିଟର ଇତ୍ୟାଦିର କ୍ରମାଙ୍କନ ଇତ୍ୟାଦି ପରୀକ୍ଷାରେ ଏହା ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । କୋଷରୁ ଅଧିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ଯେପରି ନ ହୁଏ, ସେଥିପାଇଁ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ମାନର ଗୋଟିଏ ରୋଧ (ପ୍ରାୟ 10000 ଓମ୍) କୋଷ ସହିତ ଶ୍ରେଣୀବଦ୍ଧ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି କୋଷକୁ ଖୁବ୍ ସାବଧାନତା ସହିତ ବ୍ୟବହାର କରିବା ଉଚିତ ।

ଏହାକୁ ଉପରତଳ କରିବା ବା ଖୁବ୍ ଜୋର୍‌ରେ ହଲାଇବା ଉଚିତ ନୁହେଁ ; କାରଣ ଏହାଦ୍ୱାରା ଉଭୟ ନଳୀରେ ଥିବା ରାସାୟନିକ ପଦାର୍ଥ ପରସ୍ପର ସହିତ ମିଶିଯିବ ଓ ଫଳରେ କୋଷଟି ନଷ୍ଟ ହୋଇଯିବ ।

ପ୍ରମିତ କୋଷକୁ ପ୍ରାୟ 20°C ତାପମାତ୍ରା ବିଶିଷ୍ଟ ଶୁଷ୍କ ସ୍ଥାନରେ ରଖିବା ଉଚିତ । ଆର୍ଦ୍ର ସ୍ଥାନରେ କୋଷ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ରୋଧି ପଦାର୍ଥ ଜଳୀୟବାଷ୍ପ ଆହରଣ କରେ ଓ ଏହି ସିକ୍ତ ରୋଧି ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟଦେଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କ୍ଷରଣ (Leak) ହୋଇଯିବାର ସମ୍ଭାବନା ଥାଏ ।

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. ସ୍ପର୍ଶ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ବିଭବାନ୍ତର କାହାକୁ କୁହାଯାଏ ? ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ବିଭବ ସମ୍ବନ୍ଧରେ 'ନର୍ଣ୍ଣଷ୍ଟଙ୍କ ଆୟନ ତତ୍ତ୍ୱ' (Nernst's Theory) ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

2. ଗୋଟିଏ ସରଳକୋଷରେ କି କି ତ୍ରୁଟି ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ ଓ ତାହା ଏକ ଡାନିଏଲ୍ କୋଷରେ କିପରି ଦୂରୀଭୂତ ହୁଏ ଦର୍ଶାଅ ?

3. ପ୍ରମିତ କୋଷ କ'ଣ ଓ ତାହାର ଏପରି ନାମକରଣ କାହିଁକି ହୋଇଛି ? ଗୋଟିଏ ଲଟିମାର କ୍ଲାର୍କ କୋଷର ଗଠନ ଓ ସେଥିରେ ସଘଟିତ ହେଉଥିବା ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ବୁଝାଇଦିଅ ।

4. ଓ୍ୱେଷ୍ଟନ୍ କାଡ଼ମିୟମ କୋଷର ଗଠନ ଓ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ଉଲ୍ଲେଖ କର । ଏହି ପ୍ରମିତ କୋଷ ବ୍ୟବହାର କରିବାବେଳେ କି ସତର୍କତା ଅବଲମ୍ବନ କରାଯାଏ ?

5. ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଷୟରେ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଟିପ୍‌ପଣୀ ଲେଖ :—

   (i) ବାଇକ୍ରୋମେଟ୍ କୋଷ (ii) ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ବିଭବ

   (iii) କେଲ୍‌ଭିନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିସ୍ତର (iv) ପ୍ରମିତ କୋଷ

ଦ୍ୱାଦଶ ପରିଚ୍ଛେଦ

ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ–କିରଚଫଙ୍କ ନିୟମ

(Steady Current—Kirchhoff's Laws)

12·1 ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ :

କୌଣସି କଠିନ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରଭାବ ଫଳରେ ଅର୍ଥାତ୍ ତାହାର ଯେ କୌଣସି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବିଭବାନ୍ତର ବିଦ୍ୟମାନ ଥାଲେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ଗତିଶୀଳ ହୁଅନ୍ତି । ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଅର୍ଥାତ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜର ଏହି ଗତିକୁ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ କୁହାଯାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ବା ଗ୍ୟାସ ମଧ୍ୟରେ ଉଭୟ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି ଫଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଯୁକ୍ତଆୟନ ଯେଉଁ ଦିଗରେ ଗତି କରେ, ତାହାକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଦିଗ କୁହାଯାଏ । କଠିନ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ କେବଳ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନର ଗତି ଫଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବାରୁ ଏଠାରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଯେଉଁ ଦିଗରେ ଗତି କରେ, ତାହାର ବିପରୀତ ଦିଗ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଦିଗ ।

ଯଦି ପରିବାହୀରେ t ସମୟରେ q ପରିମାଣ ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ହାରାହାରି ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $i=\frac{q}{t}$ । ମି. କି. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ ଚାର୍ଜର ଏକକ ଏକ **କୁଲମ୍** । ତେଣୁ ଏକ କୁଲମ୍ ଚାର୍ଜ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଏକ **ଏମ୍ପିୟର୍** ହୁଏ । ଏହା ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ବ୍ୟାବହାରିକ ଏକକ ।

ଏକ କୁଲମ = 3×10^{9} ଷ୍ଟାଟକୁଲମ

$\therefore$ ଏକ ଏମ୍ପିୟର = 3×10^{9} ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ ପ୍ରବାହ

ଏକ ଏମ୍ପିୟର = $\frac{1}{10}$ ବି. ଚୁ. ଏକକ ପ୍ରବାହ

$\therefore$ ଏକ ବି. ଚୁ. ଏକକ ପ୍ରବାହ = 3×10^{10} ସ୍ଥି. ବୈ. ଏକକ ପ୍ରବାହ ।

ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ ଏମ୍ପିୟର୍ :—ଯେଉଁ ଅପରିବର୍ତ୍ତିନୀୟ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସିଲଭର ନାଇଟ୍ରେଟ୍ ଦ୍ରବଣ ($A_g NO_3$ Solution) ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇ ପ୍ରତି ସେକେଣ୍ଡରେ 0·001118 ଗ୍ରାମ ସିଲଭର (ରୂପା) ପରିନ୍ୟସ୍ତ (Deposit) କରେ ତାହାକୁ ଏକ **ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ ଏମ୍ପିୟର୍** କୁହାଯାଏ ।

କୌଣସି ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ବା ଚାର୍ଜ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବରେ ଓ ସମାନ ହାରରେ ପ୍ରବାହିତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ସେଥିପାଇଁ ପରିବାହୀର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତକୁ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ କୋଷ ବା ଡାଇନାମୋ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ ଚାର୍ଜର ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ଏହି କୋଷ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଏ ଓ ଏହି ଶକ୍ତି ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଚାର୍ଜର ଚାଳନା ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।

ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପରିପଥରେ (ବିଦ୍ୟୁତ୍ କୋଷ ସମେତ) ଏକକ ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହିତ ହେବାପାଇଁ କୋଷ ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଏ ତାହାକୁ କୋଷର ବିଦ୍ୟୁତ ଚାଳକ ବଳ କୁହାଯାଏ ଓ ମି. କି. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ ଏହାକୁ ଭୋଲ୍ଟ ଏକକରେ ମାପ କରାଯାଏ । ସୁତରାଂ ବିଦ୍ୟୁତ କୋଷ ସମେତ ଏକ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପରିପଥରେ ଏକ କୁଲମ ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହ ପାଇଁ କୋଷ ଯେଉଁ ସଂଖ୍ୟକ 'ଜୁଲ୍' ଶକ୍ତି ଯୋଗାଏ କୋଷର ବି. ଚା. ବ. ସେହି ସଂଖ୍ୟକ ଭୋଲ୍ଟ ।

କୌଣସି ପରିବାହୀର ଏକ ବିନ୍ଦୁରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁକୁ ଏକକ ଚାର୍ଜ ପଠାଇବା ପାଇଁ ଯେଉଁ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଏ ତାହା ସେହି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର । ସୁତରାଂ ମି. କି. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ ପରିବାହୀର ଏକ ବିନ୍ଦୁରୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁକୁ ଏକ କୁଲମ୍ ଚାର୍ଜ ପଠାଇବା ପାଇଁ ଯଦି ଏକ ଜୁଲ୍ କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଏ, ତାହାହେଲେ ସେହି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ଏକ **ଭୋଲ୍ଟ** ହୁଏ ।

ଏକ ଭୋଲ୍ଟ $= 10^8$ ବି. ଚୁ. ଏକକ ବିଭବାନ୍ତର

ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ ଭୋଲଟ :—ଯେଉଁ ବିଭବାନ୍ତର ଏକ ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ ଓମ୍ ରୋଧ ଯୁକ୍ତ ଏକ ତାରର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦନ କରେ ତାହାକୁ ଏକ ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ ଭୋଲ୍ଟ କୁହାଯାଏ । 20°C ତାପମାତ୍ରାରେ ଏହା ଓ୍ୱେଷ୍ଟନ କାଡ଼ମିୟମ୍ (Weston Cadmium Cell) କୋଷର ବି. ଚା. ବ. ର ପ୍ରାୟ 1/1·0183 ଅଂଶ ।

12 2 'ଓମ୍'ଙ୍କ ନିୟମ (Ohm's Law) :

ତାପମାତ୍ରା ଅପରିବର୍ତ୍ତିତ ରହିଲେ କୌଣସି ପରିବାହୀରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ତାହାର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।

ଯଦି ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଓ ବିଭବାନ୍ତର ଯଥାକ୍ରମେ I ଓ V ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$V \propto I$$

କିମ୍ବା $$\frac{V}{I} = R \text{ (ଧ୍ରୁବାଙ୍କ)} \qquad \cdots \qquad (12{\cdot}1)$$

ଧ୍ରୁବାଙ୍କ R କୁ ପରିବାହୀର 'ରୋଧ' କୁହାଯାଏ । ମି. କି. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ ଏହାର ଏକକ ଏକ 'ଓମ' (Ohm) । କୌଣସି ପରିବାହୀର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଭୋଲ୍ଟ ବିଭବାନ୍ତର ଯେଉଁଠାରେ ଯଦି ଏକ ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ ପଠାଏ ତାହାହେଲେ ପରିବାହୀର ରୋଧ ଏକ 'ଓମ' ହୁଏ ।

$$\text{ଏକ ଓମ} = \frac{1 \text{ ଭୋଲ୍ଟ}}{1 \text{ ଏମ୍ପିୟର}} = \frac{10^8 \text{ ବି. ଚୁ. ଏ}}{10^{-1} \text{ ବି.ଚୁ.ଏ.}} = 10^9 \text{ ବି ଚୁ.ଏ. ରୋଧ}$$

ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ ଓମ – 0° ତାପମାତ୍ରାରେ 106·2 ସେ. ମି. ଦୈର୍ଘ୍ୟ, 1 ବର୍ଗ ମିଲିମିଟର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ଓ 14·452 ଗ୍ରାମ ଭରବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ପାରଦ ସ୍ତମ୍ଭର ରୋଧକୁ ଏକ ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ ଓମ କୁହାଯାଏ ।

12.3 ବିଶିଷ୍ଟ ରୋଧ ବା ପ୍ରତିରୋଧକତା (Specific resistance) :

କୌଣସି ପରିବାହୀର ରୋଧ ପରିବାହୀର ଉପାଦାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହା ପରିବାହୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ଓ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ । ଯଦି ପରିବାହୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ $= l$, ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ $= A$ ଓ ରୋଧ $= R$ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$R = \rho \frac{l}{A} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (12.2)$$

ଏଠାରେ ρ ଏକ ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଓ ତାହା ପରିବାହୀର ଉପାଦାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏହି ଧ୍ରୁବାଙ୍କକୁ **ବିଶିଷ୍ଟରୋଧ** (Specific resistance) ବା **ପ୍ରତିରୋଧକତା** (Resistivity) କୁହାଯାଏ । 'ବିଶିଷ୍ଟରୋଧ' ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ଏକକ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ପରିବାହୀର ରୋଧ ଅଟେ । ଏହା ଓମ୍-ସେଣ୍ଟିମିଟର ଏକକରେ ମାପ କରାଯାଏ ।

12·4 ସଂବାହନ ଶକ୍ତି (Conductance) ଓ ପରିବାହିତା (Conductivity) :

ରୋଧର ବ୍ୟୁତ୍କ୍ରମ ଅର୍ଥାତ୍ $\frac{1}{R}$କୁ ରୋଧର (Resisto) **ସଂବାହନ ଶକ୍ତି** କୁହାଯାଏ ଓ ଏହାର ଏକକ ଏକ 'ମୋ' (mho) । ସେହିପରି ପ୍ରତିରୋଧକତା ρର ବ୍ୟୁତ୍କ୍ରମ ଅର୍ଥାତ୍ $\frac{1}{\rho}$କୁ **ପରିବାହିତା** କୁହାଯାଏ ଓ ଏହାର ଏକକ $\frac{1}{\text{ଓମ-ସେ ମି:}}$ ବା $\frac{\text{'ମୋ'}}{\text{ସେ·ମି·}}\left(\frac{\text{mho}}{\text{ସେ·ମି.}}\right)$ ଅଟେ ।

12·5 ରୋଧର ତାପାଙ୍କ (Temperature coefficient of resistance) :

(i) ପଦାର୍ଥର ରୋଧ ତାହାର ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ସାଧାରଣତଃ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ସମସ୍ତ ବିଶୁଦ୍ଧ ଧାତୁ ଓ ଅଧିକାଂଶ ମିଶ୍ରଧାତୁର (Alloy) ରୋଧ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥାଏ ।

ତାପମାତ୍ରାର ସୀମିତ ପରସର ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଧାତବ ପରିବାହୀର ରୋଧ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସୂତ୍ରଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ ।

$$R_t = R_0\,(1+\alpha t) \quad \cdots \quad \cdots \quad (12.3)$$

ଏଠାରେ $R_t = t°c$ ରେ ପରିବାହୀର ରୋଧ

$R_0 = 0°c$ ରେ ପରିବାହୀର ରୋଧ

t = ତାପମାତ୍ରା ($°c$)

α = **ରୋଧର ତାପମାତ୍ରା ଗୁଣାଙ୍କ ବା ତାପାଙ୍କ**

$$\therefore \text{ ତାପାଙ୍କ } \alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0 t} \quad \cdots \quad (12.4)$$

ସେହିପରି ପ୍ରତିରୋଧକତା ρ ଓ ତାପାଙ୍କ α ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଅନୁରୂପ ସୂତ୍ରଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ—

$$\rho_t = \rho_0\,(1+\alpha t) \quad \cdots \quad \cdots \quad (12.5)$$

କିମ୍ବା $\alpha = \frac{\rho_t - \rho_o}{\rho_o t}$ ... ... (12.6)

ଏଠାରେ α କୁ **ପ୍ରତିରୋଧକତାର ତାପାଙ୍କ** କୁହାଯାଏ । ତାପମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହିତ ଗୋଟିଏ ତାରର ରୋଧ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟଭାବରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥିବାରୁ ଓ ତାରର ରୋଧ ଖୁବ୍ ଠିକ୍‌ଭାବରେ ମାପ କରଯାଇ ପାରୁଥିବାରୁ ଏହା କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ତାପମାତ୍ରା ମାପ କରିବା ପାଇଁ ଏକ ଉପାୟ । ଏହି ନୀତି ପ୍ରୟୋଗରେ ତାପମାତ୍ରା ମାପ କରିବାପାଇଁ ଯେଉଁ ଯନ୍ତ୍ର ଆବିଷ୍କୃତ ହୋଇଅଛି, ତାହାକୁ "ରୋଧ ତାପମାନ ଯନ୍ତ୍ର" କୁହାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ ସାଧାରଣତଃ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ତାର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ, କାରଣ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ତାରର ଗଳନାଙ୍କ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଖୁବ୍ ତାପମାତ୍ରାରୁ 1200°C ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତାପମାତ୍ରା ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ସୁଦୂର ନକ୍ଷତ୍ରରୁ ଆସୁଥିବା ଖୁବ୍ କ୍ଷୀଣ ବିକୀର୍ଣ୍ଣ ମଧ୍ୟ ଏହି ନୀତିରେ ନିର୍ମିତ **"ବୋଲମିଟର"** (Bolometer) ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପ କରାଯାଏ ।

ଅତି ପରିବାହୀ (Super conductor) :—ସମସ୍ତ ବିଶୁଦ୍ଧ ଧାତୁ ପାଇଁ $\alpha = \frac{1}{273}$ । ତେଣୁ ସମୀକରଣ 12·3ରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ $-273°C$ରେ ଅର୍ଥାତ୍ 0° ପରମ ତାପମାତ୍ରାରେ ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀର ରୋଧ ଶୂନ୍ୟ ହେବ । ସୁତରାଂ ଏହି ତାପମାତ୍ରାରେ ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ଥରେ ଆରମ୍ଭ ହେଲେ ଉତ୍ସର ସଂଯୋଗ ଛିନ୍ନ କଲେ ମଧ୍ୟ ତାହା ସତତ ପ୍ରବାହିତ ହେବ । ପ୍ରକୃତ ପକ୍ଷରେ ନିମ୍ନ ତାପମାତ୍ରା ଅଞ୍ଚଳରେ ରୋଧର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଟିକିଏ ଜଟିଳ ଓ ତେଣୁ ସୀସା, ଦସ୍ତା, ଟିଣ ପ୍ରଭୃତି ଧାତୁର ରୋଧ ଶୂନ୍ୟ ପରମ ତାପମାତ୍ରାଠାରୁ ଟିକିଏ ଉଚ୍ଚ ତାପମାତ୍ରାରେ ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଯାଏ । ଏହି ତାପମାତ୍ରାରେ ଧାତୁଗୁଡ଼ିକ **ଅତି ପରିବାହୀ** (Super conducting) ହୋଇଯାଆନ୍ତି । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ କୌଣସି ତାପ ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏନାହିଁ ।

(ii) କେତେକ ପ୍ରକାର ପଦାର୍ଥର ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲେ ସେମାନଙ୍କର ରୋଧ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଅଙ୍ଗାର, କାଚ, ଅଭ୍ର ଓ ପ୍ରାୟ ସମସ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହା ଘଟିଥାଏ । ଏହି ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର α ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ । ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ତାପଙ୍କ ବିଶିଷ୍ଟ ରୋଧକକୁ ଥର୍ମିଷ୍ଟର (Thermistor) କୁହାଯାଏ । ତାପମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତନ ଦ୍ୱାରା ଏହା ରୋଧ ତାପମାନ ଯନ୍ତ୍ର ଅପେକ୍ଷା ଅଧିକ ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ । ଏହା ବୈଦ୍ୟୁତିକ

ପରିପଥରେ ରୋଧ ପ୍ରତିକାରକ (Resistance compensator) ଭାବରେ ଓ ଭୋଲ୍ଟେଜ ନିୟନ୍ତ୍ରକ ଉପରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ମାଙ୍ଗାନିଜ୍, କୋବାଲ୍ଟ, ନିକେଲ ପ୍ରଭୃତି ଧାତୁର ଅକ୍ସାଇଡଗୁଡ଼ିକୁ ଥର୍ମିଷ୍ଟର ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

(iii) ତାପମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲେ କେତେକ ପ୍ରକାର ପଦାର୍ଥର ରୋଧ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏନାହିଁ । ଏହା ସାଧାରଣତଃ କେତେକ ପ୍ରକାର ମିଶ୍ର ଧାତୁ ଯଥା— ମାଙ୍ଗାନିନ (ତମ୍ବା 84%, ମାଙ୍ଗାନିଜ 12%, ନିକେଲ 4%), କନ୍ଷ୍ଟେଣ୍ଟାନ୍ ପ୍ରଭୃତି ରେ ଘଟିଥାଏ । ଏହି ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ତାପଙ୍କ ଗୁଣାଙ୍କ ମାନ ଶୂନ୍ୟ ବା ପ୍ରାୟ ଶୂନ୍ୟ । ତେଣୁ ଏଗୁଡ଼ିକ ରୋଧବାକ୍ସ ଓ ମାନକ ରୋଧ (Standard resistance) ତିଆରି କରିବାରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

12·6 ଅର୍ଦ୍ଧପରିବାହୀ (Semiconductors) :

ଜର୍ମାନିୟମ୍, ସିଲିକନ୍, ଓ ଅନେକ ପ୍ରକାର ଅକ୍ସାଇଡ୍ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରତିରୋଧକତା ପରିବାହୀର ପ୍ରତିରୋଧକତାଠାରୁ ଅଧିକ ଓ ଅପରିବାହୀଠାରୁ ଊଣା । ଏହି ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକୁ **ଅର୍ଦ୍ଧପରିବାହୀ** କୁହାଯାଏ । ଉପରୋକ୍ତ ଅର୍ଦ୍ଧପରିବାହୀଗୁଡ଼ିକର ବିଶେଷତ୍ୱ ହେଉଛି ଏହି ଯେ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲେ ସେମାନଙ୍କର ପରିବାହିତା ବୃଦ୍ଧିପାଏ ଅର୍ଥାତ୍ ରୋଧର ତାପମାତ୍ରା ଗୁଣାଙ୍କ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ । କେତେକ ଅର୍ଦ୍ଧପରିବାହୀର ଏ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ମଧ୍ୟ ହୋଇଥାଏ । କେତେକ ଅର୍ଦ୍ଧପରିବାହୀର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଦିଗରେ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍‌ର ଦିଗ ବିପରୀତ କଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ନାହିଁ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଅର୍ଦ୍ଧପରିବାହୀ ତମ୍ବା-ଅକ୍ସାଇଡ୍‌କୁ ତମ୍ବା ସହିତ ସ୍ପର୍ଶ କରାଇ ସେଥିରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପଠାଇଲେ ସେମାନଙ୍କର ଅନ୍ତଃସୀମା (Interface)ରେ ଶୁନ ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ ଓ ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହରେ ବିଘ୍ନ ସୃଷ୍ଟି କରେ । ଏହି ପଦାର୍ଥର ଏକ ଦିଗରେ ଭୋଲ୍ଟେଜ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ପ୍ରବାହ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ । ଏହି ପ୍ରକାର ପଦାର୍ଥକୁ **ଭେରିଷ୍ଟର** (Varistor) କୁହାଯାଏ । ଭେରିଷ୍ଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହକୁ ସରଳ ପ୍ରବାହରେ ପରିଣତ କରାଯାଇପାରେ ।

ଅର୍ଦ୍ଧପରିବାହୀ ସାହାଯ୍ୟରେ ଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ଟ୍ରାଞ୍ଜିଷ୍ଟର (Transistor) ମଧ୍ୟ ତିଆରି କରାଯାଏ । ଏହି ଟ୍ରାଞ୍ଜିଷ୍ଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରବାହର (ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ) ଏକଦିଶୀକରଣ (Rectification), ପରିବର୍ଦ୍ଧନ (Amplification) ଓ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦୋଳନ (Oscillation) କରାଯାଇପାରେ । ରେଡିଓ ଇତ୍ୟାଦି ଯନ୍ତ୍ରରେ **ଶୂନ୍ୟକନଳୀ**

(Vacuum tubes) ଯେଉଁସବୁ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ, ସେ ସମସ୍ତ ଟ୍ରାଞ୍ଜିଷ୍ଟର ସାହାଯ୍ୟରେ କରାଯାଇପାରେ ।

କେତେକ ସାଧାରଣ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରତିରୋଧକତା (ρ) ଓ ତାପାଙ୍କ (α) ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା—

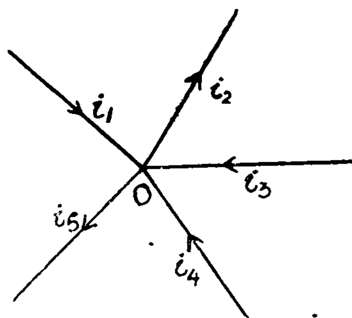
ପଦାର୍ଥ	ρ (20°C) μ ohm−cm	ତାପାଙ୍କ α/°C
ଏଲୁମିନିୟମ୍	2·83	0·00393
ପିତ୍ତଳ (Brass)	6·6	0·001
ତମ୍ବା	1·72	0·00393
ଲୁହା	9·5	0.0052
ଜର୍ମାନ ସିଲଭର୍ (Cu, Zn, Ni)	20-33	0·0004
ମାଙ୍ଗାନିଜ୍ (Cu, Ni, Mn)	44	0·0000
ରୂପା	1·63	0·00377
ନିକ୍ରୋମ୍ (Cu, Ni, Zn)	34·4	0·00025

12·7 କିର୍‌ଚଫଙ୍କ ନିୟମ (Kirchhoff's laws) :

କେତେଗୁଡ଼ିଏ ପରିବାହୀ ନିର୍ମିତ ଏକ ଜାଲସଦୃଶ (Network) ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥରେ ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବା ରୋଧ କିରଚ୍‌ଫଙ୍କ ନିୟମ ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏଠାରେ ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟ ଯେ ଏପରି ଜଟିଳ ପରିପଥରେ 'ଓମ୍'ଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ପ୍ରବାହ ମାତ୍ରା ଇତ୍ୟାଦି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ।

ପ୍ରଥମ ନିୟମ :—ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀ ଜାଲର (Network of conductors) ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ମିଳିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାସମୂହର ବୀଜଗାଣିତିକ ଯୋଗଫଳ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ, ଅର୍ଥାତ୍ $\Sigma i = 0$ ।

କୌଣସି ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେବାବେଳେ ତାହାର କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଶକ୍ତି ରାଶୀକୃତ ହୁଏ ନାହିଁ । ସୁତରାଂ ପରିପଥର କୌଣସି ବିନ୍ଦୁ ଅଭିମୁଖରେ ପ୍ରବାହିତ ମୋଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ସେହି ବିନ୍ଦୁରୁ ବହିର୍ମୁଖୀ ମୋଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ସହିତ ସମାନ । ସାଧାରଣତଃ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁର ଅଭିମୁଖୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହକୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିନ୍ଦୁରୁ ବହିର୍ମୁଖୀ ପ୍ରବାହକୁ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଧରାଯାଏ । ଚିତ୍ର ନଂ 12·1ରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i_1, i_3, ଓ i_4 ବିନ୍ଦୁ Oର ଅଭିମୁଖରେ ଏବଂ i_2 ଓ i_5 ବିନ୍ଦୁରୁ ବାହାର ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଅଛି ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 12·1)

ସୁତରାଂ କିର୍ଚଫଙ୍କ ପ୍ରଥମ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ O ବିନ୍ଦୁରେ

$$i_1 - i_2 + i_3 + i_4 - i_5 = 0$$

କିମ୍ବା $\Sigma i = 0$ ... . (12·7)

ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ :— କୌଣସି ବନ୍ଦ (Closed) ପରିପଥରେ ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶର ରୋଧ ଓ ପ୍ରବାହମାନାର ଗୁଣଫଳସମୂହର ବୀଜଗାଣିତିକ ଯୋଗଫଳ ସେହି ପରିପଥରେ ଅବସ୍ଥିତ ମୋଟ ବି: ଗ୍ର: ବ: ସହିତ ସମାନ, ଅର୍ଥାତ୍ $\Sigma iK = \Sigma E$ ।

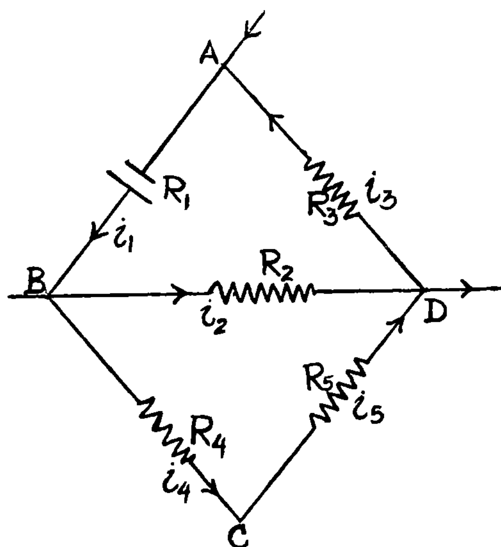
କୌଣସି ପରିବାହୀ ଜାଲ ପ୍ରତି ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରିବାବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହମାନାକୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କୋଷର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଯୁକ୍ତ ଶେଷାଗ୍ରରୁ ଯୁକ୍ତ ଶେଷାଗ୍ର ଦିଗରେ ବି: ଗ୍ର: ବ:କୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଧରାଯାଏ ।

ମନେକର ABD ପରିପଥ (ଚିତ୍ର ନଂ 12·2) ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀ ଜାଲର ଏକ ଅଂଶ । ଏହାର AB ଅଂଶରେ ଗୋଟିଏ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କୋଷ ଅଛି ଏବଂ ତାହାର ବି: ଗ୍ର: ବ: ଓ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ଯଥାକ୍ରମେ E ଓ R_1 । ମନେକର BD ଓ DA ଅଂଶର ରୋଧ ଯଥାକ୍ରମେ R_2 ଓ R_3 ଏବଂ ପ୍ରବାହମାନା ଯଥାକ୍ରମେ i_2 ଓ i_3 । ଯଦି AB ଅଂଶରେ ପ୍ରବାହମାନା i_1 ହୁଏ ତାହାହେଲେ କିର୍ଚଫଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ABD ପରିପଥରେ

$$i_1R_1 + i_2R_2 + i_3R_3 = E \quad ...(i)$$

ପରିପଥ BCDରେ ଯଦି BC ଓ CD ଅଂଶର ରୋଧ ଯଥାକ୍ରମେ R_4 ଓ R_5 ଏବଂ ପ୍ରବାହମାନା ଯଥାକ୍ରମେ i_4 ଓ i_5 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

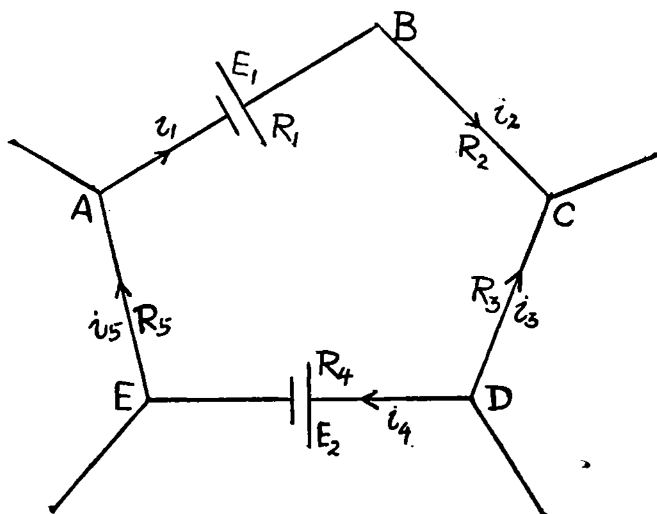
$$i_2R_2 - i_5R_5 - i_4R_4 = 0 \quad \cdots(ii)$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 12·2)

ପରିପଥ $ABCDE$ରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 12·3) ଦୁଇଟି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କୋଷ E_1 ଓ E_2 ସଂଯୁକ୍ତ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ

$$i_1 R_1 + i_2 R_2 - i_3 R_3 + i_4 R_4 + i_5 R_5 = E_1 - E_2 \quad \cdots\cdots\cdots \quad (111)$$



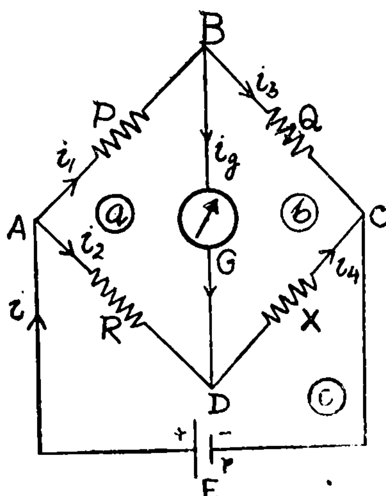
(ଚିତ୍ର ନଂ 12·3)

ଉପରୋକ୍ତ ସମସ୍ତ ସୂତ୍ରକୁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଭାବରେ ଲେଖାଯାଇପାରେ

$$\Sigma\, iR = \Sigma E \quad \cdots\cdots \quad (12·8)$$

12·4 କିରଚଫ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ :

ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ୍‌ଙ୍କ ସେତୁ (Wheatstone's Bridge) ସାଧାରଣ ବ୍ୟବହୃତ ଜଟିଳ ପରିପଥ ଜାଲର ଏକ ଦୃଷ୍ଟାନ୍ତ । ଏହି ସେତୁରେ ରୋଧ P, Q, R, X ଚିତ୍ର ନଂ 12·4ରେ ଯେପରି ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି, ସେହିପରି ଭାବରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କୋଷ E ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ମନେକର ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ରୋଧ G ଏବଂ କୋଷର ବି: ଗୂ: ବ: E ଓ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ r । ଏଠାରେ ରୋଧ P, Q, R ଓ Xର ମାନ ସମଯୋଜନ କରି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତପ୍ରବାହ ଶୂନ୍ୟ କରାଯାଇ ପାରେ ଓ ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ସେତୁଟି



(ଚିତ୍ର ନଂ 12·4)

ସମତୁଳିତ (Balanced) ହେବାର କୁହାଯାଏ । ଯେତେବେଳେ ଯଦି ଅସମତୁଳିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଥାଏ ତାହାହେଲେ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ କିର୍ଚଫ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରରେ ପ୍ରବାହ ମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ-ପାରେ । ମନେକର କୋଷ ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପଠାଏ ତାହାର ମାତ୍ରା i ଏବଂ ରୋଧ P, Q, R, X ଓ G ମଧ୍ୟରେ ତାହାର ମାତ୍ରା ଯଥାକ୍ରମେ i_1, i_3, i_2, i_4 ଓ i_g

ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଜାଲଟିକୁ ତିନିଗୋଟି ପରିପଥ ଯଥା:—(a), (b) ଓ (c) ରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇପାରେ । କିର୍ଚଫ୍‌ଙ୍କ ପ୍ରଥମ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ A ବିନ୍ଦୁରେ,

$$i = i_1 + i_2 \text{ କିମ୍ବା } i_2 = i - i_1$$

B ବିନ୍ଦୁରେ, $i_1 = i_3 + i_g$ କିମ୍ବା $i_3 = i_1 - i_g$

C ବିନ୍ଦୁରେ, $i = i_3 + i_4$ କିମ୍ବା $i_4 = i - i_1 + i_g$

$$= i_1 - i_g + i_4$$

ବର୍ତ୍ତମାନ କିରଚଫ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କର—

ପରିପଥ (a) ରେ

$$i_1 P + i_g G - i_2 R = 0$$

କିମ୍ବା $i_1 P + i_g G - (i - i_1) R = 0$

କିମ୍ବା $i_1 (P + R) + i_g G - iR = 0 \quad \cdots \quad \cdots \quad$ (i)

ପରିପଥ (b) ରେ

$$i_3 Q - i_g G - i_4 X = 0$$

କିମ୍ବା $(i_1 - i_g) Q - i_g G - (i - i_1 + i_g) X = 0$

କିମ୍ବା $i_1 (Q + X) - i_g G - i_g (Q + X) - iX = 0 \quad \cdots$ (ii)

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ (i) ଓ (ii) ରୁ i_1 ବାଦ୍ ଦେବାପାଇଁ ପ୍ରଥମ ସମୀକରଣକୁ $(Q + X)$ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ସମୀକରଣକୁ $(P + R)$ ଦ୍ୱାରା ଗୁଣନ କରାଯାଉ । ସୁତରାଂ

$$i_1 (P + R)(Q + X) + i_g G (Q + X) - iR (Q + X) = 0 \quad \cdots \text{(iii)}$$

$$i_1 (P + R)(Q + X) - i_g (P + R) - i_g (P + R)(Q + X) - iX (P + R) = 0 \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

ସମୀକରଣ (iii) ରୁ (iv) ବିୟୋଗ କର

$$i_g G (P + Q + R + X) - i_g (P + R)(Q + X) - i (QR - PX) = 0$$

କିମ୍ବା $i_g[G(P+Q+R+X) \quad (P+R)(Q+X)] = i(QR-PX)$

କିମ୍ବା $$i_g = \frac{i(QR-PX)}{G(P+Q+R+X)-(P+R)(Q+X)} \quad \cdots \quad (12.9)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣର ଦକ୍ଷିଣପାର୍ଶ୍ବରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ରାଶି ଜଣାଥିବାରୁ ଏହି ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ i_g ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

ଗାଲ୍‌ଭନୋମିଟରରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯଦି ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ, ଅର୍ଥାତ୍ $i_g = 0$ ତାହା-ହେଲେ

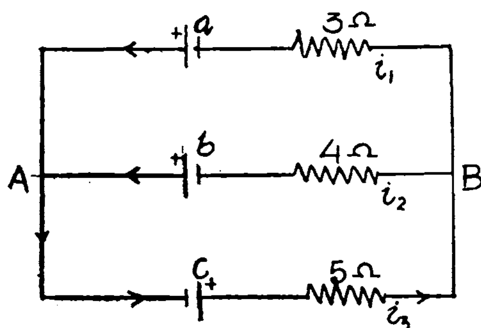
$$QR = PX$$

କିମ୍ବା $$\frac{P}{Q} = \frac{R}{X} \quad \cdots \quad \cdots \quad (12.10)$$

ଏହି ସୂତ୍ରକୁ ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ୍ ସେତୁର ସମତୁଳନ ସର୍ତ୍ତ କୁହାଯାଏ ଓ ଏହା କୋଷ ପରିପଥର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

ଉଦାହରଣ (1) :—2.2 ଭୋଲ୍‌ଟ ବି: ଗ୍ର: ବ: ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଗୋଟି କୋଷ a, b ର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ଓ ଅନ୍ୟ ଗୋଟିଏ 2·2 ଭୋଲ୍‌ଟ କୋଷର ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ବିନ୍ଦୁ A ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । କୋଷଗୁଡ଼ିକର ଅପର ଶେଷାଗ୍ର ଯଥାକ୍ରମେ 3, 4 ଓ 5 ଓମ୍ ରୋଧ ମଧ୍ୟଦେଇ ବିନ୍ଦୁ B ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ପ୍ରତି କୋଷର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । (ପ୍ରତି କୋଷର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ଶୂନ୍ୟ) ।

ମନେକର a, b ଓ c କୋଷର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯଥାକ୍ରମେ i_1, i_2 ଓ i_3 ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 12.5)

କିରଚଫ୍‌ଙ୍କ ପ୍ରଥମ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ B ବିନ୍ଦୁରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 12·5)

$$i_1 + i_2 = i_3 \quad \cdots \quad \cdots \quad (i)$$

କିରଚଫ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ $Ab\,Ba$ ପରିପଥରେ

$$3i_1 - 4i_2 = 2{\cdot}2 - 2{\cdot}2 = 0 \cdots\cdots (ii)$$

$AcBb$ ପରିପଥରେ, $4i_2 + 5i_3 = 2{\cdot}2 + 2{\cdot}2 = 4.4 \cdots\cdots (iii)$

ସମୀକରଣ (ii) ସାହାଯ୍ୟରେ $i_1 = \frac{4}{3} i_2$

i_1ର ଏହି ମାନ ସମୀକରଣ (i)ରେ ବସାଇ

$$\frac{4}{3} i_2 + i_2 = i_3$$

କିମ୍ବା $\frac{7}{3} i_2 = i_3$

i_3ର ମାନ ସମୀକରଣ (ii)ରେ ବସାଇ

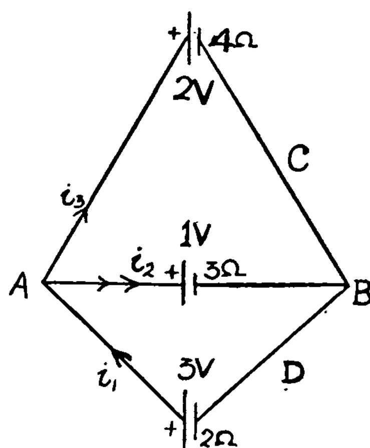
$$\frac{47 i_2}{3} = 4.4$$

$\therefore\ i_2 = .28$ ଏମ୍ପିୟର୍

$$i_1 = \frac{4}{3} i_2 = \frac{4}{3} \times \cdot 28 = \cdot 373 \text{ ଏମ୍ପିୟର୍}$$

$$i_3 = \frac{7}{3} i_2 = \frac{7}{3} \times \cdot 28 = .653 \text{ ଏମ୍ପିୟର୍}$$

ଉଦାହରଣ (୨) :—ସମାନ୍ତରଭୁକ୍ତ ତିନିଗୋଟି କୋଷର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର (ଚିତ୍ର ନଂ- 12·6) ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ସଂଯୁକ୍ତ । ତିନିଗୋଟି କୋଷର ବି: ଗ୍ଟ: ବ: ଯଥାକ୍ରମେ 2, 1 ଓ 3 ଭୋଲ୍ଟ ଏବଂ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ଯଥାକ୍ରମେ 4, 3 ଓ 2 ଓମ୍ । ପ୍ରତି କୋଷର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 12.6)

ମନେକର ତିନିଗୋଟି କୋଷର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯଥାକ୍ରମେ i_1, i_2 ଓ i_3 A ବିନ୍ଦୁରେ କିରଚଫ୍‌ଙ୍କ ପ୍ରଥମ ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ

$$i_1 = i_2 + i_3 \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (i)$$

$ACBD$ ପଥରେ କିରଚଫ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$$2i_1 + 4i_3 = 2i_2 + 6i_3 = 3 - 2 = 1 \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots (ii)$$

ABD ପରିପଥରେ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି

$2i_1+3i_2=5i_2+2i_3=3-1=2$ ... ... (iii)

$\therefore\ 10i_2+30i_3=5$

$\underline{10i_2+4i_3=4}$

$26i_3=1,\quad \therefore\ i_3=\frac{1}{26}$ ଏମ୍ପିୟର୍

ସମୀକରଣ (ii)ରେ

$2i_2+6i_3=2i_2+\frac{6}{26}=1$

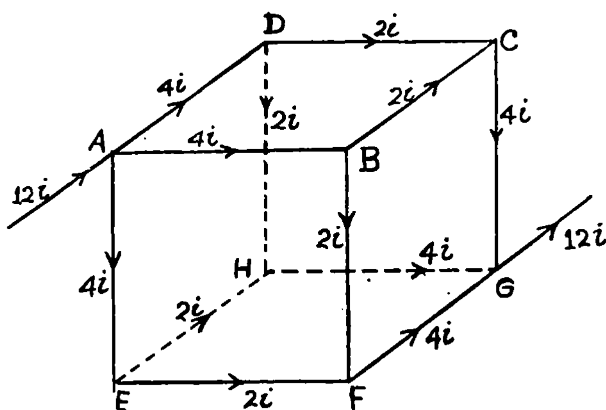
$\therefore\ 2i_2=1-\frac{3}{13}=\frac{10}{13}$

$i_2=\frac{5}{13}$ ଏମ୍ପିୟର୍

ସମୀକରଣ (i)ରେ

$i_1=i_2+i_3=\frac{5}{13}+\frac{1}{26}=\frac{11}{26}$ ଏମ୍ପିୟର୍

ଉଦାହରଣ (3) :—ସମାନ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ 12ଗୋଟି ତାରଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ଘନକ୍ଷେତ୍ର ଗଠିତ (ଚିତ୍ର ନଂ 12.7) । ଯଦି ପ୍ରତ୍ୟେକ ତାରର ରୋଧ r ଓମ୍ ହୁଏ ଏବଂ ଘନକ୍ଷେତ୍ର ଏକ କୋଣରେ $12i$ ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ ପ୍ରବେଶ କରେ ଓ କର୍ଣ୍ଣର ଠିକ ବିପରୀତ କୋଣରେ ପ୍ରସ୍ଥାନ କରେ, ତାହାହେଲେ ପରିପଥର ତୁଲ୍ୟମାନ ରୋଧ ଏବଂ ପ୍ରବେଶ ଓ ପ୍ରସ୍ଥାନ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 12.7)

ମନେକର A ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବେଶ କରେ ଓ G ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରସ୍ଥାନ କରେ । ପ୍ରତିପଥର ରୋଧ ସମାନ ହୋଇଥିବାରୁ ପ୍ରବାହ ସମାନ ଭାବରେ ବିଭକ୍ତ ହୁଏ । ଏହି

ପ୍ରବାହ ବଣ୍ଟନ ଚିତ୍ରରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ମନେକର ପରିପଥର ତୁଲ୍ୟମାନ ରୋଧ R AG ମଧ୍ୟରେ $ABFG$ ସଦୃଶ ଯେକୌଣସି ପଥପାଇଁ କିରଚଫ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କର

$$4ir + 2ir + 4ir = V = 12\,iR$$

କିମ୍ବା $10ir = 12iR$

$\therefore$ AG ମଧ୍ୟରେ ତୁଲ୍ୟମାନ ରୋଧ $R = \frac{5}{6} \times r$ ଓମ୍ ଏବଂ A ଓ G ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର $V = 10ir$ ଭୋଲ୍‌ଟ ।

ଉଦାହରଣ (4) :—ଗୋଟିଏ ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ୍ ସେତୁ $ABCD$ର AB, BC, CD ଓ DA ବାହୁରେ ଯଥାକ୍ରମେ 1, 4, 3 ଓ 2 ଓମ୍ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ତାର ସଂଯୁକ୍ତ । ଏହି ସେତୁର A ଓ C ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ଶୂନ୍ୟ ଓ 2 ଭୋଲ୍‌ଟ ବି: ଗୃ: ବ: ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବ୍ୟାଟେରୀ ସଂଯୁକ୍ତ ଏବଂ B ଓ D ମଧ୍ୟରେ 5 ଓମ୍ ରୋଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍ ସଂଯୁକ୍ତ । ବ୍ୟାଟେରୀ ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ $AB = 1\Omega$, $BC = 4\Omega$, $CD = 3\Omega$

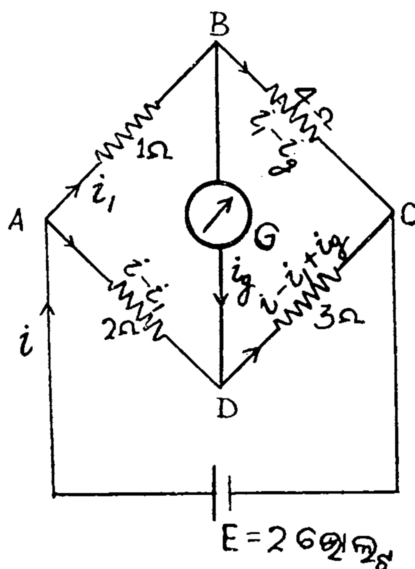
$DA = 2\Omega$, $G = 5\Omega$ ଏବଂ $E = 2$ ଭୋଲ୍‌ଟ ।

ମନେକର ବ୍ୟାଟେରୀ ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯଥାକ୍ରମେ i ଓ i_g ଏମ୍ପ୍ । ଯଦି ABରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 12·8) ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i_1 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ BC, CD ଓ ADରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯଥାକ୍ରମେ $(i_1 - i_g)$, $(i - i_1 + i_g)$ ଓ $(i - i_1)$ ହେବ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ପରିପଥ $ABDA$, $BCDB$ ଓ $EABCE$ ପ୍ରତି କିରଚଫ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କର

$$i_1 + 5i_g - 2(i - i_1) = 0 \quad \cdots\cdots(i)$$

$$4(i_1 - i_g) - 3(i - i_1 + i_g) - 5i_g = 0 \cdots\cdots(ii)$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 12·8)

$$i_1 + 4(i_1 - i_g) = 2 \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \text{(iii)}$$

ପୁନର୍ବିନ୍ୟାସ ପରେ

$$3i_1 - 2i + 5i_g = 0 \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \text{(iv)}$$

$$7i_1 - 3i - 12i_g = 0 \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(v)}$$

$$5i_1 - 4i_g = 2 \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \text{(vi)}$$

(iv)କୁ 7 ଦ୍ୱାରା ଓ (v)କୁ 3 ଦ୍ୱାରା ଗୁଣନ କରି ଓ i_1କୁ ବାଦ୍ ଦେବା ପାଇଁ ପରବର୍ତ୍ତୀକୁ ପୂର୍ବବର୍ତ୍ତୀରୁ ବିୟୋଗ କର

$$-5i + 71i_g = 0 \quad \cdots\cdots \quad \cdots \quad \text{(vii)}$$

ପୁନଶ୍ଚ (iv)କୁ 5 ଦ୍ୱାରା ଓ (vi)କୁ 3 ଦ୍ୱାରା ଗୁଣନ କରି ଓ i_1କୁ ବାଦ୍ ଦେବା ପାଇଁ ପରବର୍ତ୍ତୀକୁ ପୂର୍ବବର୍ତ୍ତୀରୁ ବିୟୋଗ କର

$$-10i + 37i_g = -6$$

ଅଥବା $10i - 37i_g = 6 \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(viii)}$

(vii)କୁ 2 ଦ୍ୱାରା ଗୁଣନ କରି ଗୁଣଫଳକୁ (viii) ସହିତ ଯୋଗ କଲେ

$105i_g = 6 \quad \therefore i_g = \frac{2}{35}$ ଏମ୍ପିୟର୍

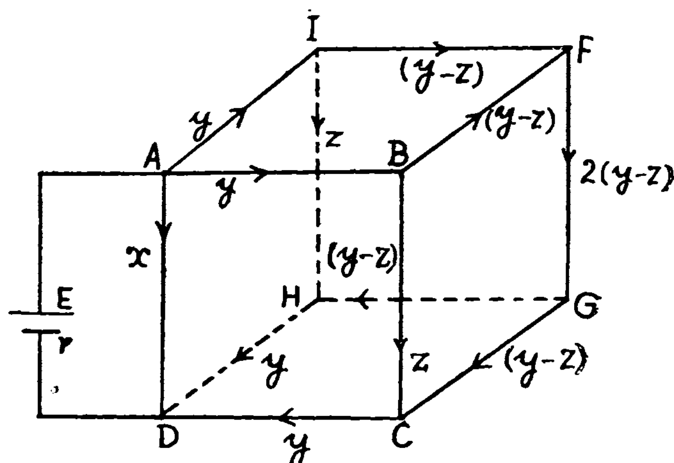
i_gର ଏହି ମାନ (viii)ରେ ବସାଇ

$i = \frac{142}{175}$ ଏମ୍ପିୟର୍

ଉଦାହରଣ (5) :—ସମାନ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ 12ଗୋଟି ତାରଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ଘନକ୍ଷେତ୍ର ଗଠିତ । ଯଦି ପ୍ରତ୍ୟେକ ତାରର ରୋଧ R ହୁଏ ଓ ଘନକ୍ଷେତ୍ରର ଯେକୌଣସି ବାହୁର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ସହିତ ବି: ଗୃ: ବ: E ଓ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ r ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କୋଷ ସଂଯୁକ୍ତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଘନକ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବାହୁରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଓ ପରିପଥର ତୁଲ୍ୟମାନ ରୋଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

AG ଘନକ୍ଷେତ୍ରର (ଚିତ୍ର ନଂ 12·9) A ଓ D ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ କୋଷ E ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ତାହାର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ r । ମନେକର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବାହୁର ରୋଧ R । ଏଠାରେ ଘନକ୍ଷେତ୍ରର A ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବେଶ କରେ ଏବଂ ଏହି ପ୍ରବାହର ଏକ

ଅଂଶ X, ପଥ AD ମଧ୍ୟଦେଇ ଓ ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଂଶ ସମାନ ଦୁଇଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇ AB ଓ AI ପଥରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ମନେକର ଏହି ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅଂଶ $= y$, B ବିନ୍ଦୁରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 12·9)

BC ବାହୁରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା Z ହେଉ । ପରିପଥର ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ବାହୁରେ ପ୍ରବାହିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଚିତ୍ରରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ।

କିରଚଫ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ—

ADE ପରିପଥରେ, $Rx + r(x + 2y) = E$ .... (i)

$AIHDA$ ପରିପଥରେ, $R_y + R_z + R_y - R_x = 0$

କିମ୍ବା $2y - z - x = 0$ ... . (ii)

$BFGCB$ ପରିପଥରେ, $4(y - z)R - R_z = 0$

କିମ୍ବା $4y - 5z = 0$,

$\therefore z = \frac{4}{5}y$ ... . (iii)

ସମୀକରଣ (ii)ରେ zର ମାନ ବସାଇ, $2y + \frac{4}{5}y = x$,

$\therefore x = \frac{14y}{5}$ ... . ·· (iv)

ସମୀକରଣ (i)ରେ xର ମାନ ବସାଇ, $R\times\frac{14y}{5}+r\left(\frac{14y}{5}+2y\right)=E$

କିମ୍ବା $y(14R+24r)=5E$

$$\therefore\quad y=\frac{5E}{(14R+24r)} \quad\cdots\quad\cdots\quad\cdots\ (v)$$

ସମୀକରଣ (iii) ସାହାଯ୍ୟରେ,

$$z=\frac{4}{3}y=\frac{2E}{(7R+12r)} \quad\cdots\quad\cdots\quad\cdots(vi)$$

ସମୀକରଣ (iv) ସାହାଯ୍ୟରେ,

$$x=\frac{14y}{5}=\frac{7E}{7R+12r} \quad\cdots\quad\cdots\quad\cdots(vii)$$

$$(y-z)=\frac{E}{(14R+24r)} \quad\cdots\quad\cdots\quad\cdots(viii)$$

$$2(y-z)=\frac{2E}{(14R+24r)}=\frac{E}{(7R+12r)} \quad\cdots\quad\cdots(ix)$$

ମନେକର ପରିପଥର ତୁଲ୍ୟମାନ ରୋଧ$=R_1$

ପରିପଥର AD ପଥ ବିଚାର କଲେ, A ଓ D ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର

$$V_A-V_D=Rx=R_1 i$$

$\therefore\ R_1=\frac{Rx}{i}$, ଏଠାରେ $i=$ମୋଟ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

କିନ୍ତୁ $i=x+2y=x+\frac{2\times5}{14}x=\frac{12}{7}x$

$$\therefore\quad R_1=Rx\Big/\frac{12}{7}x=\frac{7}{12}R \quad\cdots\quad\cdots\quad\cdots\ (x)$$

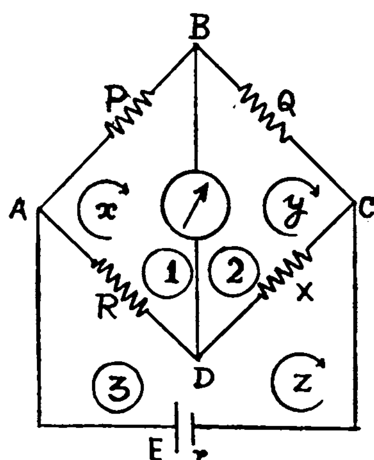
12·9 ମାକ୍‌ସଓ୍ୱେଲ୍‌ଙ୍କ ଚକ୍ରୀୟ ପ୍ରବାହ (Maxwell's cyclic current) :

କିରଚଫ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି କୌଣସି ଜଟିଳ ପରିପଥର ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ଯେଉଁସବୁ ସମୀକରଣ ମିଳେ ସେଗୁଡ଼ିକର ସମାଧାନ ଅନେକ ସମୟରେ କଷ୍ଟସାଧ୍ୟ ହୋଇଥାଏ । ଏଗୁଡ଼ିକର ସମାଧାନ ପାଇଁ ମାକ୍‌ସଓ୍ୱେଲ ଏକ ସରଳ ରୀତି ଅବଲମ୍ବନ କରିଥିଲେ ଓ ଏହାକୁ **'ମାକ୍‌ସଓ୍ୱେଲ୍‌ଙ୍କ ଚକ୍ରୀୟ**

ପ୍ରବାହ' ଗିତ କୁହାଯାଏ । ଏହି ଗିତରେ କୌଣସି ପରିବାହୀ ଜାଲ (Mesh)ର ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରିପଥରେ କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମାନର ଚକ୍ରୀୟ ପ୍ରବାହ ସମାନ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବାର ଅନୁମାନ କରାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରବାହର ଦିଗ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ (Clockwise) ବା ବାମାବର୍ତ୍ତୀ (Anticlockwise) ହୋଇପାରେ । ଯଦି ଜାଲର କୌଣସି ଅଂଶ ଦୁଇଗୋଟି ପରିପଥର ସାଧାରଣ (common) ଅଂଶ ହୋଇଥାଏ, ତାହାହେଲେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଦୁଇ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ଅନ୍ତରଫଳ ହୋଇଥାଏ, ପୁନଶ୍ଚ ପ୍ରବାହ ଦିଗରେ ବି: ଗୃ: ବ:କୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଧରାଯାଏ; କିନ୍ତୁ ବି: ଗୃ:ବ: ଯଦି ପ୍ରବାହର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହ କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରବୃତ୍ତ ହେଉଥାଏ, ତାହାହେଲେ ତାହାର ଦିଗ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଧରାଯାଏ ।

12·10 ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ୍‌ଙ୍କ ସେତୁ ପ୍ରତି ଚକ୍ରୀୟ ପ୍ରବାହ ରୀତି ପ୍ରୟୋଗ :

ଏଠାରେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ୍‌ଙ୍କ ସେତୁକୁ ତିନିଗୋଟି ପରିପଥ, ଯଥା :– ABD, BCD ଓ $ADCE$ରେ ବିଭକ୍ତ (ଚିତ୍ର ନଂ 12·10) କରାଯାଇପାରେ । ଚିତ୍ରରେ ଏଗୁଡ଼ିକ (1), (2) ଓ (3) ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ମନେକର ଏହି ପରିପଥଗୁଡ଼ିକରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯଥାକ୍ରମେ x, y ଓ z ଓ ସେ ସମସ୍ତର ଦିଗ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 12·10)

ସେତୁର ବିଭିନ୍ନ ବାହୁର ରୋଧ P, Q, R, X ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ରୋଧ G ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତକୋଷର ବି: ଗୃ: ବ: E ଓ ରୋଧ r ହେଉ ।

କିର୍ଚ୍ଚଫ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଓ ମାକ୍ସଓ୍ୱେଲ୍‌ଙ୍କ ଗିତ ଅନୁଯାୟୀ –

ପରିପଥ (1)ରେ

$$xP+(x-y)G+(x-z)R=0 \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (i)$$

ପରିପଥ (2) ରେ

$$yQ+(y-z)X+(y-x)G=0 \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (ii)$$

ପରିପଥ (3) ରେ

$$(z-x)R+(z-y)X+Zr=E \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (iii)$$

ପ୍ରଥମ ଦୁଇ ସମୀକରଣରେ x, y ଓ zର ଗୁଣାଙ୍କକୁ ଏକାଠି କରି

$$x(P+G+R)-yG-zR=0 \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \text{(iv)}$$

$$-xG+y(X+Q+G)-zX=0 \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(v)}$$

Zକୁ ବାଦ୍ ଦେବା ପାଇଁ ସମୀକରଣ (iv)କୁ X ଦ୍ୱାରା ଓ ସମୀକରଣ (v)କୁ R ଦ୍ୱାରା ଗୁଣନ କରି ସେମାନଙ୍କର ଅନ୍ତରଫଳ ନିଆଯାଉ ।

$$\therefore \quad x[X(P+G+R)+RG]-y[R(X+Q+G)+XG]=0$$

କିମ୍ବା $x[XP+XG+XR\times RG]=$
$y[XR+RQ+RG+XG] \quad \ldots \quad \cdots \quad \cdots \text{(vi)}$

ଯେତେବେଳେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ପ୍ରବାହ ଶୂନ୍ୟ ହେବ, ସେତେବେଳେ $x-y=0$ ଅର୍ଥାତ୍ $x=y$

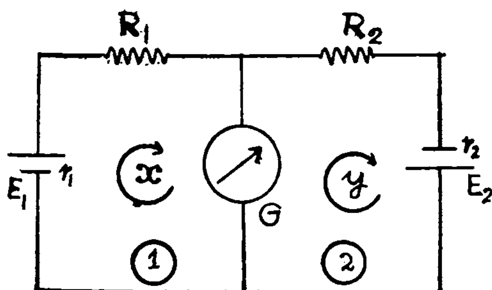
$$\therefore \quad XP=RQ$$

କିମ୍ବା $\dfrac{P}{Q}=\dfrac{R}{X} \quad \ldots \quad \cdots \quad \cdots (12{\cdot}11)$

ଏହାହିଁ ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ୍ ସେତୁର ସମତୁଲନ ସର୍ତ୍ତ ।

12·11 ବି: ଗ୍ଭ: ବ:ର ତୁଳନା :

ଚକ୍ରୀୟ ପ୍ରବାହ ରୀତି ଅବଲମ୍ବନ କରି ଦୁଇଗୋଟି କୋଷର ବି: ଗ୍ଭ: ବ:ର ତୁଳନା କରାଯାଇପାରେ । ମନେକର କୋଷଦ୍ୱୟର ବି: ଗ୍ଭ: ବ: ଯଥାକ୍ରମେ E_1 ଓ E_2 ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ଯଥାକ୍ରମେ r_1 ଓ r_2 । କୋଷଦ୍ୱୟକୁ ରୋଧ R_1 R_2 ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G ସହିତ ଚିତ୍ର ନଂ 12·11ରେ ଯେପରି ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି, ସେହିପରି ଭାବରେ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଏଠାରେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ରୋଧ G ହେଉ ଓ ପରିପଥ (1) ଓ (2)ରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯଥାକ୍ରମେ x ଓ y ହେଉ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 12·11)

ପରିପଥ (1) ପ୍ରତି ଚକ୍ରୀୟ ପ୍ରବାହ ଗତି ପ୍ରୟୋଗ କରି – କରଚଫଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$$x\,R_1+xr_1+(x-y)G=E_1 \quad .... \quad \cdots \quad \cdots \ (\ )$$

ସେହିପରି ପରିପଥ (2)ରେ

$$y\,R_2+yr_2+(y-x)G=E_2 \quad .... \quad \cdots \quad \cdots \ (ii)$$

ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ପାଇଁ $x=y$

$$\therefore\ xR_1+xr_1=E_1 \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \ (iii)$$

$$\text{ଏବଂ}\ xR_2+xr_2=E_2 \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \ (iv)$$

$$\therefore\ \frac{E_1}{E_2}=\frac{R_1+r_1}{R_2+r_2} \quad \cdots \quad .... \quad \cdots \ (v)$$

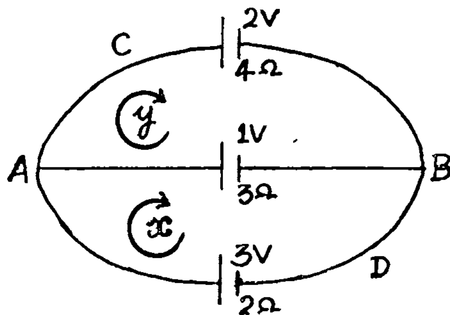
ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ r_1 ଓ r_1 ବାଦ ଦେବାପାଇଁ ରୋଧ R_1 ଓ R_2ର ମାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ପୁଣି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ କରାଯାଏ ଏବଂ ଏଠାରେ,

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{R_1'+r_1}{R_2'+r_2} \quad \cdots \quad .... \quad .... \ (vi)$$

ସମୀକରଣ (v) ଓ (vi) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\frac{E_1}{E_2}=\frac{(R_1'+r)-(R_1+r)}{(R_2'+r_2)-(R_2+r_2)}=\frac{R_1'-R_1}{R_2'-R_2} \quad \cdots \quad \cdots (12\cdot12)$$

ଉଦାହରଣ (1)—ସମାନ୍ତରଭାବେ ତିନିଗୋଟି କୋଷର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ସଂଯୁକ୍ତ (ଚିତ୍ର ନଂ 12·12) ଯଦି କୋଷଗୁଡ଼ିକର ବି: ଗ୍ଚ: ବ: ଯଥାକ୍ରମେ 2, 1 ଓ 3 ଭୋଲ୍ଟ ଏବଂ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ଯଥାକ୍ରମେ 4, 3 ଓ 2 ଓମ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ପ୍ରତି କୋଷର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 12·12)

ମନେକର *ABDA* ଓ *ACBA* ପରିପଥର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯଥାକ୍ରମେ x ଓ y ଓ ସେମାନେ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ । ଏହି ପରିପଥଦ୍ୱୟରେ କରଚଫଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଚକ୍ରୀୟ ପ୍ରବାହ ଗତି

ଅନୁଯାୟୀ –

$$\begin{cases} 2x+3(x-y)=3-1=2 & \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (i) \\ 4y+3(y-x)=1-2=-1 & \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (ii) \end{cases}$$

କିମ୍ବା $$\begin{cases} 5x-2y=2 & \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (iii) \\ 3x-7y=1 & \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (iv) \end{cases}$$

କିମ୍ବା $$\begin{cases} 15x-9y=6 & \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (v) \\ 15x-35y=5 & \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (vi) \end{cases}$$

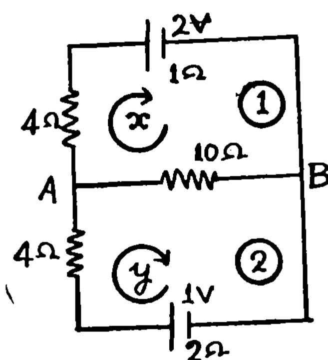
$26y=1$ କିମ୍ବା $y=\frac{1}{26}$; ଏମ୍ପିୟର (ଦୁଇ ଭୋଲ୍‌ଟ କୋଷ ମଧ୍ୟରେ)

$$5x-3\times\frac{1}{26}=2$$

$$5x=2+\frac{3}{26}=\frac{55}{26} \quad \therefore \quad x=\frac{11}{26};$$ ଏମ୍ପିୟର (3 ଭୋଲ୍‌ଟ କୋଷ ମଧ୍ୟରେ)

$$x-y=\frac{11}{26}-\frac{1}{26}=\frac{10}{26}=\frac{5}{13}$$ ଏମ୍ପିୟର (1 ଭୋଲ୍‌ଟ କୋଷ ମଧ୍ୟରେ)

ଉଦାହରଣ (2) :—ଯଥାକ୍ରମେ 2 ଓ 1 ଭୋଲ୍‌ଟ ବି: ଗ୍ର: ବ: ଏବଂ 1 ଓ 2 ଓମ୍ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି କୋଷର ଯୁକ୍ତ ଶେଷାଗ୍ର ପ୍ରତ୍ୟେକ 4 ଓମ୍ ରୋଧ ମଧ୍ୟଦେଇ ଏକ ବିନ୍ଦୁ Aରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 12·13) ଓ ବିଯୁକ୍ତ ଶେଷାଗ୍ର ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁ Bରେ ସଂଯୁକ୍ତ । ଯଦି A ଓ B ବିନ୍ଦୁକୁ 10 ଓମ୍ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ତାରଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ, ତାହାହେଲେ A B ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 12·13)

ମନେକର ପରିପଥ (1) ଓ (2)ରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 12·13 ଦେଖ) ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯଥାକ୍ରମେ x ଓ y । କିରଚଫ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କର (ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତ ପ୍ରବାହ ସ୍ରୋତ ଅନୁଯାୟୀ)—

ପରିପଥ (1)ରେ

$$4x+1x+10(x-y)=-2 \cdots \quad \cdots \quad \cdots (i)$$

ପରିପଥ (2)ରେ

$$4y+10(y-x)+2y=1 \cdots \quad \cdots \quad \cdots (ii)$$

କିମ୍ବା $\begin{cases} 15x - 10y = -2 & \cdots \quad \cdots \quad \cdots\cdots \quad \text{(iii)} \\ -10x + 16y = 1 & \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(iv)} \end{cases}$

କିମ୍ବା $\begin{cases} 30x - 20y = -4 \\ -30x + 48y = 3 \end{cases}$

$28y = -1 \quad \therefore \quad y = -\frac{1}{28}$ ଏମ୍ପିୟର୍, ସମୀକରଣ

(iii)ରେ yର ମାନ ବସାଇ

$$15x + 10 \times \frac{1}{28} = -2$$

$$\therefore \; 15x = -2 - \frac{5}{14} = \frac{-33}{14}$$

$$x = -\frac{33}{14 \times 15} = -\frac{11}{70} \text{ ଏମ୍ପିୟର}$$

$$\therefore \; x - y = -\frac{11}{70} - \left(-\frac{1}{28}\right) = -\frac{17}{140} \text{ ଏମ୍ପିୟର } (B\text{ରୁ } A\text{କୁ})$$

$\therefore$ Aରୁ Bକୁ $\frac{17}{140}$ ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ (3) :– ଗୋଟିଏ ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ୍ ସେତୁ $ABCD$ର AB, BC, CD ଓ DA ବାହୁରେ ଯଥାକ୍ରମେ 1, 4, 3 ଓ 2 ଓମ୍ ରୋଧ ଅଛି । ଏହାର A ଓ C ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ 1 ଓମ୍ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ଓ 2 ଭୋଲ୍‌ଟ ବି: ଗ୍ଁ ବ: ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବ୍ୟାଟେରୀ ସଯୁକ୍ତ ଏବଂ B ଓ D ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ 10 (ଦଶ) ଓମ୍ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ସଯୁକ୍ତ । ବ୍ୟାଟେରୀ ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀ ଜାଲର ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ କିରଚଫ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଉଲ୍ଲେଖ କର ଓ ତାହା ବୁଝାଇ ଦିଅ । ଏହି ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ୍‌ଙ୍କ ସେତୁର ସମତୁଳନ ସର୍ତ୍ତ ନିଗମନ କର ।

2. ଗୋଟିଏ ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ୍ ସେତୁ ଅସମତୁଳିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଥିବାବେଳେ ସେଥିରେ ଥିବା ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ଏକ ସୂତ୍ର ନିଗମନ କର ଏବଂ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ସେତୁର ସମତୁଳନ ସର୍ତ୍ତ ନିଗମନ କର ।

3. ସମାନ୍ତରଭୁକ୍ତ ତିନିଗୋଟି କୋଷର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଏବଂ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ସଂଯୁକ୍ତ । ଯଦି ତିନିଗୋଟି କୋଷର ବି: ଗୃ: ବ: ଯଥାକ୍ରମେ 2, 1 ଓ 4 ଭୋଲ୍ଟ ହୁଏ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ଯଥାକ୍ରମେ 4, 3 ଓ 2 ଓମ୍ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ପ୍ରତ୍ୟେକ କୋଷ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଯଥାକ୍ରମେ $\frac{2}{13}$, $\frac{7}{13}$ ଓ $\frac{9}{13}$ ଏମ୍ପିୟର୍]

4. ସମାନ୍ତରଭୁକ୍ତ ଦୁଇଗୋଟି କୋଷର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ଏକ ବିନ୍ଦୁ Aରେ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ଅନ୍ୟ ଏକ ବିନ୍ଦୁ Bରେ ସଂଯୁକ୍ତ ଏବଂ ଏହି କୋଷଦ୍ୱୟର ବି: ଗୃ: ବ: ଯଥାକ୍ରମେ 4 ଓ 2 ଭୋଲ୍ଟ ଏବଂ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ଯଥାକ୍ରମେ 1 ଓ 0·5 ଓମ୍ । A ଓ B ବିନ୍ଦୁକୁ ଯଦି 0 ଓମ୍ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତାର-ଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ, ତାହାହେଲେ ପ୍ରତ୍ୟେକ କୋଷର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[4 ଭୋଲ୍ଟ କୋଷର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା = 1·41 ଏମ୍ପିୟର
2 ଭୋଲ୍ଟ କୋଷର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା = − 1·16 ଏମ୍ପିୟର]

5. ଦୁଇଟି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କୋଷର ବି: ଗୃ: ବ: ଯଥାକ୍ରମେ 2 ଭୋଲ୍ଟ ଓ 1 ଭୋଲ୍ଟ ଏବଂ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ଯଥାକ୍ରମେ 1 ଓମ୍ ଓ 2 ଓମ୍ । ଏହି କୋଷଦ୍ୱୟର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ପରସ୍ପର ସହିତ 10 ଓମ୍ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ତାରଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ପରସ୍ପର ସହିତ 4 ଓମ୍ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ତାରଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ । ଏହି ସଂଯୋଗୀ ତାରଦ୍ୱୟର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ 10 ଓମ୍ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ତାରଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ ହେଲେ ପ୍ରତ୍ୟେକ କୋଷର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[2 ଭୋଲ୍ଟ କୋଷରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା = $\frac{3}{11}$ ଏମ୍ପିୟର; ଏକ ଭୋଲ୍ଟ କୋଷରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା = $\frac{1}{11}$ ଏମ୍ପିୟର]

6. ଗୋଟିଏ ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ୍ ସେତୁ $ABCD$ର AB, BC ଓ AD ପ୍ରତ୍ୟେକ ବାହୁରେ 5 ଓମ୍ ଓ DC ବାହୁରେ 6 ଓମ୍ ରୋଧ ଅଛି । ସେତୁ ମଧ୍ୟକୁ ଗୋଟିଏ କୋଷରୁ ଯଦି 0·2 ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ ପ୍ରବେଶ କରେ ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ରୋଧ ଯଦି 10 ଓମ୍ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।
[ଉ: $i_g = \frac{1}{320}$ ଏମ୍ପିୟର]

7. ଦୁଇଟି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କୋଷର ବି. ଗ୍ର. ବ ଯଥାକ୍ରମେ 2 ଓ 1·5 ଭୋଲ୍‌ଟ ଏବଂ ଅଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ଯଥାକ୍ରମେ 1 ଓ 2 ଓମ୍ । ସେମାନଙ୍କର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର 4 ଓମ୍ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତାରଦ୍ୱାରା ପରସ୍ପର ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର 6 ଓମ୍ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତାରଦ୍ୱାରା ପରସ୍ପର ସଂଯୁକ୍ତ । ଏହି ସଂଯୋଗକାରୀ ତାରଦ୍ୱୟର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ 8 ଓମ୍ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଅନ୍ୟ ଏକ ତୃତୀୟ ତାରଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ । ଏହି ତୃତୀୟ ତାରରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉ: 0·1575 ଏମ୍ପିୟର]

8. ପ୍ରତ୍ୟେକ 1 ଓମ୍ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ 12ଗୋଟି ତାରଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ଘନକ୍ଷେତ୍ର ଗଠିତ । 2 ଭୋଲ୍‌ଟ ବି. ଗ୍ର. ବ. ଓ 0·05 ଓମ୍ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀ ଏହି ଘନକ୍ଷେତ୍ରର ଯେକୌଣସି ବାହୁର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ପରିପଥ ଜାଲର ବିଭିନ୍ନ ବାହୁରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉ: 1·73, ·620, ·495, ·125, ·250 ଏମ୍ପିୟର]

9. ସମାନ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ 12ଗୋଟି ତାରଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ଘନକ୍ଷେତ୍ର ଗଠିତ । ଯଦି ପ୍ରତ୍ୟେକ ତାରର ରୋଧ 2 ଓମ୍ ହୁଏ ଓ ଘନକ୍ଷେତ୍ରର ଯେକୌଣସି ବାହୁର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀ ସଂଯୁକ୍ତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଘନକ୍ଷେତ୍ରର ତୁଲ୍ୟମାନ ରୋଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉ: $\frac{7}{6}$ ଓମ୍]

10. ସମାନ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ 12 ଗୋଟି ତାରଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ଘନକ୍ଷେତ୍ର ଗଠିତ । ଯଦି ପ୍ରତ୍ୟେକ ତାରର ରୋଧ r ଓମ୍ ହୁଏ ଏବଂ ଘନକ୍ଷେତ୍ରର କୌଣସି ପାର୍ଶ୍ୱର (Face) ଏକ କୋଣରେ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବେଶ କରେ ଓ ସେହି ପାର୍ଶ୍ୱର ବିପରୀତ କୋଣରେ ତାହା ପ୍ରସ୍ଥାନ କରେ, ତାହାହେଲେ ପରିପଥର ତୁଲ୍ୟମାନ ରୋଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉ: $\frac{3}{4}r$]

ତ୍ରୟୋଦଶ ପରିଚ୍ଛେଦ

ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ବିଜ୍ଞାନ

(Electro-magnetics)

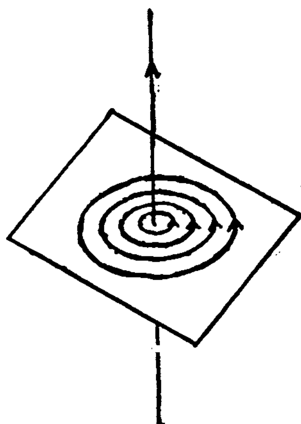
13·1 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରଭାବ :

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ପ୍ରଧାନତଃ ତିନି ପ୍ରକାର ପ୍ରଭାବ ପରିଲକ୍ଷିତ ହୁଏ, ଯଥା :—(i) ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରଭାବ, (ii) ତାପୀୟ ପ୍ରଭାବ ଓ (iii) ରାସାୟନିକ ପ୍ରଭାବ । ଉପରୋକ୍ତ ଯେକୌଣସି ପ୍ରଭାବ ସାହାଯ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ତାପୀୟ ପ୍ରଭାବ ପାଇଁ କୌଣସି ରୋଧ ମଧ୍ୟଦେଇ ଓ ରାସାୟନିକ ପ୍ରଭାବ ପାଇଁ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟଦେଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । କୌଣସି କଠିନ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ ନାହିଁ କିମ୍ବା ସେହି ପରିବାହୀ ଯଦି ଖୁବ୍ ମୋଟା ହୋଇଥାଏ, ତାହାହେଲେ ସେଥିରେ ତାପ ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ପରିବାହୀ ମୋଟା ହେଉ ବା ସରୁ ହେଉ ସେଥିରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଫଳରେ ତାହାର ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ସର୍ବଦା ଏକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରତିଷ୍ଠିତ ହୁଏ । ତେଣୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହର ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରଭାବ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରଭାବ ସବୁଠାରୁ ମୌଳିକ ଓ ଏହି ପ୍ରଭାବ ସାହାଯ୍ୟରେ ସାଧାରଣତଃ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମାପ କରାଯାଏ ।

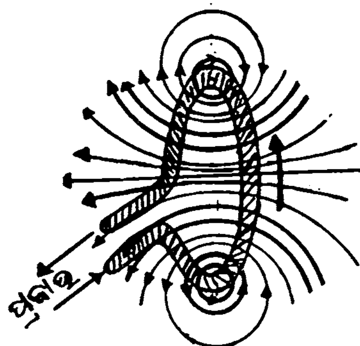
13·2 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରଭାବ (Magnetic effect of electric current)

କୌଣସି ତାରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେବାବେଳେ ତାହା ନିକଟରେ ସ୍ଥାପିତ ଏକ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହେଉଥିବା ଅର୍ଥାତ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ବିଷୟ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍ (Oersted) ପ୍ରଥମେ 1819 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ । ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଗୋଟିଏ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକ-ଦ୍ୱାରା ଅଙ୍କନ କରାଯାଇପାରେ । ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଏହି ବଳରେଖା-ଗୁଡ଼ିକ ତାର ଚାରିପାଖରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ଏକକେନ୍ଦ୍ରୀବୃତ୍ତ ଓ ଏହି ବୃତ୍ତଗୁଡ଼ିକରେ ସମତଳ ତାର ସହିତ ସମକୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 13 1) । ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ

ମାକ୍ସୱେଲଙ୍କ କର୍କ ସ୍କ୍ରୁ ନିୟମ (Cork screw Rule) ବା ଦକ୍ଷିଣ-ହସ୍ତମୁଠି ନିୟମ (Right-hand grasp Rule) ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 13·1)



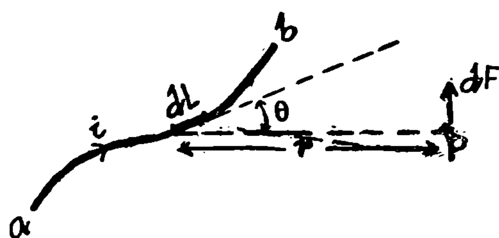
(ଚିତ୍ର ନଂ 13·2)

କର୍କ ସ୍କ୍ରୁ ନିୟମ :—ଗୋଟିଏ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ କର୍କ ସ୍କ୍ରୁ ଘୂରାଇଲେ ତାହାର ଅଗ୍ରଭାଗ ଯେଉଁ ସରଳରୈଖିକ ଦିଗରେ ଗତି କରେ ତାହା ଯଦି ପରିବାହୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ପ୍ରବାହର ଦିଗ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ କର୍କ ସ୍କ୍ରୁ ଘୂର୍ଣ୍ଣନର ଦିଗ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳରେଖାର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ ।

ଦକ୍ଷିଣ-ହସ୍ତମୁଠି ନିୟମ (Right-hand grasp Rule) :—ଯଦି ବିଦ୍ୟୁତ୍ପ୍ରବାହକାରୀ ପରିବାହୀକୁ ଦକ୍ଷିଣହସ୍ତ ମୁଠିଦ୍ୱାରା ଧରାଯାଏ ଓ ବୃଦ୍ଧାଙ୍ଗୁଳି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ, ତାହାହେଲେ ପରିବାହୀକୁ ପରିବେଷ୍ଟନ କରୁଥିବା ଆଙ୍ଗୁଳି-ଗୁଡ଼ିକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ ।

13.3 ଲାପ୍ଲାସ୍ଙ୍କ ନିୟମ (Laplace's Law) :

କୌଣସି ପରିବାହୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ, ତାହାର ତୀବ୍ରତା ପରିବାହୀଠାରୁ ଯେକୌଣସି ଦୂରତ୍ୱରେ କୌଣସି ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଏହି ନିୟମଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 13·3)

ମନେକର dl ଗୋଟିଏ ପରିବାହୀ ab $(=l)$ର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଂଶ (ଚିତ୍ର ନଂ 13·3) ଓ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i ପ୍ରବାହିତ ହେଉଅଛି । dl ଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । ମନେକର dl ଠାରେ ଅଙ୍କିତ ସ୍ପର୍ଶକ ଓ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଭେକ୍‌ଟର rର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ$=\theta$

ଲପଲସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ P ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$\delta F \propto \frac{i\, dl \sin\theta}{r^2}$$

କିମ୍ବା $\delta F = k\dfrac{i\, dl \sin\theta}{r^2}$ .... ···(13·1)

ଏଠାରେ k ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଓ ତାହାର ମାନ i ଓ rର ଏକକ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । P ବିନ୍ଦୁରେ ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ, δl ଓ r ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ସମତଳ ସହିତ ଲମ୍ବ ଓ ତାହାର ତୀବ୍ରତା ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା μ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

ଯଦି $k=1$ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$\delta F = \dfrac{i\, dl \sin\theta}{r^2}$ .... (13·2)

ଗୋଟିଏ ପରିମିତ (Finite) ଦୈର୍ଘ୍ୟର ତାରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଫଳରେ ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ, ତାହାର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ତାରର ପ୍ରତି କ୍ଷୁଦ୍ରାଂଶଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ହେଉଥିବା ତୀବ୍ରତାର ଭେକ୍‌ଟର ଯୋଗଫଳ ନିଆଯାଏ । ସୁତରାଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବି: ଚୁ: ଏକକରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମାପ କରାଗଲେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ତୀବ୍ରତା

$F = \displaystyle\int \frac{i\, dl \sin\theta}{r^2}$ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍ ··· ··· ··· (13·3)

ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ (Magnetic Induction) ବା ପ୍ରବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତା (Flux Density)

$$B = \int \frac{\mu i\ d \sin l\theta}{r^2} \text{ ଗସ୍ } \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots(13{\cdot}4)$$

ମି. କି. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ (M. K. S. System)

$$F = \int \frac{I\ dl \sin\theta}{4\pi r^2} \text{ ଏମ୍ପିୟର - ଘେରା/ମିଟର୍ } \cdots \quad \cdots \quad (3{\cdot}5)$$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{I\ dl \sin\theta}{r^2} \text{ ଓ୍ୱେବର୍/(ମିଟର)}^2 \cdots \quad (13{\cdot}6)$$

ଏଠାରେ, I = ଏମ୍ପିୟର୍ ଏକକରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

μ_0 = ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନର (Empty space) ସୁଭେଦ୍ୟତା

$= 4\pi \times 10^{-7}$ ଓ୍ୱେବର/ଏମ୍ପିୟର-ମିଟର

dl = ମିଟର୍ ଏକକରେ ଦୈର୍ଘ୍ୟ

13.4 ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ବି: ଚୁ: ଏକକ (E. H. Unit of current) :

ଲାପ୍ଲାସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ, $\delta F = k \frac{i\ dl \sin\theta}{r^2}$

ଯଦି ଧରାଯାଏ ଯେ $dl=1$, $r=1$, $i=1$ ଓ $\theta=90°$ ତାହାହେଲେ $\delta F=1$ ଓ ତେଣୁ $k=1$ । ସୁତରାଂ ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ପରିବାହୀରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ତାହାର ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଏକକ ଦୂରତ୍ୱରେ ଯଦି ଏକକ ତୀବ୍ରତାବିଶିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ, ତାହାହେଲେ ଏହି ପ୍ରବାହର ମାତ୍ରା ଏକକ ହେବ ।

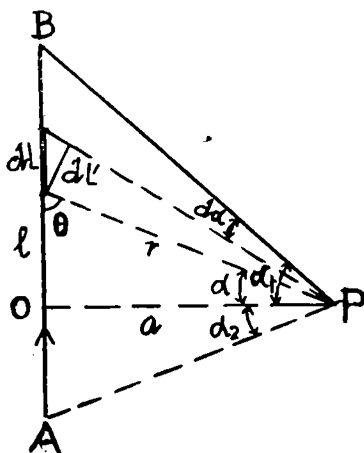
କିନ୍ତୁ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଭେକ୍ଟର ପରିବାହୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ସହିତ ସର୍ବଦା ଲମ୍ବ ହୁଏ, କେବଳ ଯେତେବେଳେ ପରିବାହୀଟି ବୃତ୍ତାକାର । ତେଣୁ ଏକ ସେଣ୍ଟିମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ଏକ ସେଣ୍ଟିମିଟର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବୃତ୍ତର ରୂପ ହୋଇଥିବା ଏକ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଏହି ବୃତ୍ତର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଏକ ଓଏର୍‌ଷ୍ଟେଡ୍ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ, ସେହି ପ୍ରବାହକୁ ବି: ଚୁ: ଏକକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା କୁହାଯାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହର ଏହି

ଏକକକୁ ଏକ ଏବ୍‌ଏମ୍ପିୟର୍ (Abampere) ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ । ବ୍ୟାବହାରିକ ବା ମି. କି. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ଏକକ ଏକ ଏମ୍ପିୟର ଅଟେ ଓ

$$\text{ଏକ ଏମ୍ପିୟର} = \frac{1}{10} \text{ ବି. ଚୁ. ଏକକ}$$

13.5 ଲପଲସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗ :

(1) ଦୀର୍ଘ ଓ ସଳଖ ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା — (Intensity of magnetic field near a long straight current)



(ଚିତ୍ର ନଂ 13·4)

AB ଏକ ଦୀର୍ଘ ଓ ସଳଖ (ଚିତ୍ର ନଂ 13.4) ତାର ଓ ସେଥିରେ i ବି. ଚୁ. ଏକକ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ଏହି ପରିବାହୀର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଂଶ dl ଯୋଗୁ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା

$$\delta F = \frac{i\, dl \sin\theta}{r^2}$$

ଯେହେତୁ α ଓ θ ପରିପୂରକ କୋଣ

ତେଣୁ $\delta F = \dfrac{i\, dl \cos\alpha}{r^2}$

$dl' \perp r$ ଏବଂ ତେଣୁ dl ଓ dl'ର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ$=\alpha$

$\therefore\ dl' = dl \cos\alpha$

କିନ୍ତୁ $r d\alpha = dl'$ ଏବଂ $r = \dfrac{a}{\cos\alpha}$

$$\therefore\ \delta F = \frac{i \cos\alpha\, d\alpha}{a}$$

$$F = \int_{-\alpha_2}^{+\alpha_1} \frac{i \cos\alpha\, d\alpha}{a} = \frac{i}{a}\int_{-\alpha_2}^{+\alpha_1} \cos\alpha\, d\alpha$$

$$=\frac{i}{a}\Big[\sin\alpha\Big]_{-\alpha_2}^{+\alpha_1}=\frac{i}{a}\left(\sin\alpha_1+\sin\alpha_2\right) \text{ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍} \cdots \quad (13{\cdot}7)$$

ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଯଦି ଅସୀମ ହୁଏ ତାହାହେଲେ $\alpha_1=\alpha_2=\frac{\pi}{2}$

$$\therefore \quad F=\frac{2i}{a} \text{ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍} \cdots \qquad \cdots \qquad (13{\cdot}8)$$

(ଏଠାରେ i=ବି. ଚୁ. ଏ. ପ୍ରବାହମାତ୍ରା)

ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଏମ୍ପିୟର ଏକକରେ ହୋଇଥିଲେ

$$F=\frac{2I}{10\,a}=\frac{I}{5\,a} \text{ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍} \qquad \cdots \qquad \cdots\cdots \quad (13{\cdot}9)$$

(ଏଠାରେ I =ଏମ୍ପିୟର ଏକକରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା)

ମି. କି. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ :—

$$F=\frac{I}{4\pi a}\left(\sin\alpha_1+\sin\alpha_2\right) \text{ ଏମ୍ପିୟର୍-ଘେରା/ମିଟର} \cdots \quad (13{\cdot}10)$$

ତାରର ଅସୀମ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପାଇଁ

$$F=\frac{I}{2\pi a} \text{ ଏମ୍ପିୟର-ଘେରା/ମିଟର୍} \cdots \qquad \cdots \quad (13.11)$$

$$\text{ଏବଂ} \quad B=\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \text{ଓ୍ୱେବେର୍/(ମିଟର)}^2 \cdots \qquad \cdots \quad (13{\cdot}12)$$

P ବିନ୍ଦୁ ଯଦି ତାରର ନିକଟତମ ହୋଇଥାଏ, ତାହାହେଲେ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଅଳ୍ପ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ତାର ପାଇଁ ମଧ୍ୟ ପ୍ରଯୋଜ୍ୟ । ସମୟ ସମୟରେ ସମୀକରଣ (13.12)କୁ ବାୟଟ୍ ଓ ସାଭାର୍ଟଙ୍କ ନିୟମ (Law of Biot and Savart) ବୋଲି ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।

ଦୀର୍ଘ ଓ ସଳଖ ପରିବାହୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସୁଷମ ନୁହେଁ । ଏପରି କି ପରିବାହୀଠାରୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଦୂରତ୍ୱରେ ମଧ୍ୟ ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସୁଷମ ହୁଏ ନାହିଁ, କାରଣ ଏଠାରେ ତୀବ୍ରତାର ମାନ ସମାନ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ତାହାର ଦିଗ ପ୍ରତି-ବିନ୍ଦୁରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ।

(2) ବୃତ୍ତାକାର (ପରିବାହୀରେ) ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଯୋଗୁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା(Intensity of magnetic field due a circular current) :

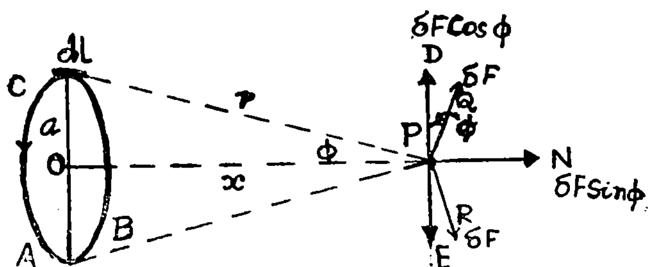
(a) ବୃତ୍ତର କେନ୍ଦ୍ରରେ (At the centre of the circle) :— ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର ପରିବାହୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଯଦି r ହୁଏ ଓ ସେଥିରେ ଯଦି i ବି: ଚୁ: ଏ: ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ତାହାର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$F = \int \frac{i\, dl \sin\theta}{r^2} = \int \frac{i\, dl}{r^2}, \left(\because \quad \theta = \pi/_2\right)$$

$$= \frac{2\pi r\, i}{r^2} = \frac{2\pi i}{r} \text{ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍} \quad .... \quad (13\cdot13)$$

(b) କୁଣ୍ଡଳୀର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଯେ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା (Intensity of magnetic field on the axis of a coil) :

ABC ଏକ ବୃତ୍ତାକାର ପରିବାହୀ (ଚିତ୍ର ନଂ 13.5) ଓ ସେଥିରେ ପ୍ରବାହିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i ବି· ଚୁ· ଏକକ । ଏହି ବୃତ୍ତାକାର ପରିବାହୀର ସମତଳ ପୃଷ୍ଠାର ସମତଳ ସହିତ ଲମ୍ବ । ବୃତ୍ତର କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ x ଦୂରତ୍ୱରେ ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 13·5)

ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । ଲାପଲାସ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ଏହି ବୃତ୍ତାକାର ପରିବାହୀର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଂଶ dl ଯୋଗୁ P ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$\delta F = \frac{i\, dl \sin\theta}{r^2} = \frac{i\, dl}{r^2}, \quad \left(\because \quad \theta = \frac{\pi}{2}\right)$$

ଏଠାରେ δF ର ଦିଗ dl ଓ r ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ସମତଳ ସହିତ ଲମ୍ବ ହେବ ଅର୍ଥାତ୍ r ସହିତ ସମକୋଣରେ PQ ଦିଗରେ (ପୃଷ୍ଠାର ସମତଳରେ) ରହିବ । ଏହାକୁ ଦୁଇଟି ପରସ୍ପର ଲମ୍ବ ଉପାଂଶରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇପାରେ P ବିନ୍ଦୁରେ $PD \perp OP$ (ଅଙ୍କନ ଅନୁଯାୟୀ) । ଯଦି ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଭେକ୍ଟର r ଓ ଅକ୍ଷ OPର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ ϕ ହୁଏ ତାହାହେଲେ $\angle DPQ = \phi$ । ସୁତରାଂ PN ଦିଗରେ δFର ଉପାଂଶ $= \delta F \sin \phi$ ଓ PD ଦିଗରେ ଏହାର ଉପାଂଶ $= \delta F \cos \phi$ । ଯେଉଁ ବ୍ୟାସର ଉପର ଭାଗରେ dl ଅବସ୍ଥିତ ତାହାର ଠିକ୍ ଅପର ପ୍ରାନ୍ତରେ ଯଦି ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ରାଂଶ dl ବିଚାରକୁ ନିଆଯାଏ ତାହାହେଲେ ତାହାଦ୍ୱାରା P ବିନ୍ଦୁରେ ଯେଉଁ ତୀବ୍ରତା δF ଉତ୍ପନ୍ନ ହେବ ତାହା PR ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ । ଏହାକୁ ମଧ୍ୟ PN ଦିଗରେ $\delta F \sin \phi$ ଓ PE ଦିଗରେ $\delta F \cos \phi$ ଉପାଂଶରେ ବିଭକ୍ତ କରିଯାଇପାରେ । ବର୍ତ୍ତମାନ $\delta F \cos \phi$ ଉପାଂଶଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପର ସମାନ ଓ ବିପରୀତମୁଖୀ ହୋଇଥିବାରୁ ପରସ୍ପରକୁ ବିଲୋପ କରିବେ ଓ $\delta F \sin \phi$ ଉପାଂଶଦ୍ୱୟ ଏକମୁଖୀ ହୋଇଥିବାରୁ ପରସ୍ପର ସହିତ ଯୁକ୍ତ ହେବେ ଓ PN ଦିଗରେ ତୀବ୍ରତାର ମାନ $2 \delta F \sin \phi$ ହେବ । ଏହିପରି ସମସ୍ତ ଯୁଗ୍ମଗୁଡ଼ିକୁ ବିଚାରକୁ ନେଲେ $\delta F \cos \phi$ ଉପାଂଶଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପରକୁ ବିଲୋପ କରିବେ ଓ $\delta F \sin \phi$ ଉପାଂଶଗୁଡ଼ିକ ପରସ୍ପର ସହିତ ଯୁକ୍ତ ହେବେ । ସୁତରାଂ ସମଗ୍ର ବୃତ୍ତାକାର ପ୍ରବାହ ପାଇଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା

$$F = \int \delta F \sin \phi = \int_0^{2\pi a} \frac{i dl}{r^2} \sin \phi; \ (a = \text{ବୃତ୍ତର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ})$$

$$= \frac{i \sin \phi}{r^2} \int_0^{2\pi a} dl = \frac{2\pi a \, i \sin \phi}{r^2} = \frac{2\pi a^2 i}{r^3}$$

$$= \frac{2\pi a^2 i}{(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \text{ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍} \quad \cdots \quad \cdots \qquad (13{\cdot}14)$$

କୁଣ୍ଡଳୀର N ସଂଖ୍ୟକ ଘେର ପାଇଁ

$$F = \frac{2\pi a^2 N i}{(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \text{ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍} \quad \cdots\cdots \qquad (13{\cdot}15)$$

ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ଏମ୍ପିୟର ହେଲେ—

$$F=\frac{2\ N\pi a^2 I}{10(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}=\frac{N\pi a^2 I}{5(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}\ \text{ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍} \quad \cdots \quad (13.16)$$

ମି କି: ସେ: ପଦ୍ଧତିରେ

$$F=\frac{2\ \pi Na^2 I}{4\pi(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}=\frac{Na^2 I}{2(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}\ \text{ଏମ୍ପିୟର୍ ଘେରା/ମିଟର} \quad (13.\ 17$$

ଏଠାରେ I ଏମ୍ପିୟର ଏକକରେ ଏବଂ a ଓ x ମିଟର ଏକକରେ ମାପ କରାଯାଏ ।

(3) ସଲେନୟଡ୍‌ର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା (Intensity of mag. field on the axis of a solenoid) .

ଗୋଟିଏ ଦୀର୍ଘରୋଧିତ ତାରକୁ ସିଲିଣ୍ଡର ଆକାରରେ ଗୁଡ଼ାଇ ସଲେନଏଡ୍ ତିଆରି କରାଯାଏ । ସଲେନଏଡ୍ ତାରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାହା ଭିତରେ ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ତାହାର ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ଅକ୍ଷ ସହିତ ସମାନ୍ତର ହୁଏ ।

ଚିତ୍ର ନଂ 13·6 (a) ରେ ଗୋଟିଏ ସଲେନଏଡ୍‌ର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ (Longitudinal cross section) ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ଓ ତାହାର ଅକ୍ଷ OP ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ ।

(a)

(ଚିତ୍ର ନଂ 13 6 (a)

ମନେକର, i = ପ୍ରବାହମାତ୍ରା (ବି ଚୁ. ଏ.)

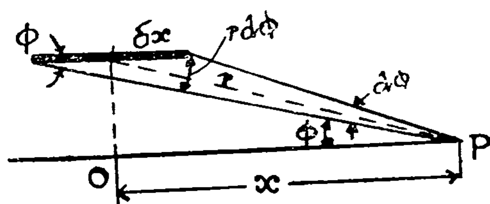
a = ସଲେନୟଡ୍‌ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ

l = ସଲେନୟଡ୍‌ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ

N = ଘେରା ସଂଖ୍ୟା

$\therefore$ ସଲେନଏଡ୍‌ର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତି ଘେରା ସଂଖ୍ୟା $= \dfrac{N}{l}$

ସଲେନଏଡ୍‌ରେ δx ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ରାଂଶ ବିଚାର କରାଯାଉ ଓ ଏହାର କେନ୍ଦ୍ର O ଠାରୁ P ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱ ହେଉ । ଏହି କ୍ଷୁଦ୍ରାଂଶର ଘେରାସଂଖ୍ୟା $= \dfrac{N}{l}\,\delta x$ ।



(b)

(ଚିତ୍ର ନଂ 13·6 (b)

କ୍ଷୁଦ୍ରାଂଶ δx ଯୋଗୁ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା

$$\delta F = \frac{2\pi N a^2 i\ \delta x}{l r^3} = \frac{2\pi N\, i\ \delta x \sin^2\phi}{l r};\ \left(\because \sin\phi = \frac{a}{r}\right)$$

$$= \frac{2\pi N i \sin\phi\, d\phi}{l}$$

$$\left[\because \text{ଚିତ୍ର ନଂ 13. 5 (b) ଅନୁଯାୟୀ } \sin\phi = \frac{r d\phi}{\delta x}\right]$$

ସମଗ୍ର ସଲେନଏଡ ବିଚାରକୁ ନେଲେ,

$$\text{ତୀବ୍ରତା } F = \int_{\phi_1}^{\phi_2} \frac{2\pi N i \sin\phi\, d\phi}{l} = \frac{2\pi N i}{l}\int_{\phi_1}^{\phi_2} \sin\phi\, d\phi$$

$$= \frac{2\pi N i}{l}(\cos\phi_1 - \cos\phi_2) \text{ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍ } \quad \cdots \quad \cdots \quad (13.18)$$

(ଏଠାରେ ϕ_1 ଓ ϕ_2 ସଲେନଏଡ୍‌ର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତ P ବିନ୍ଦୁରେ ଉତ୍ପନ୍ନ କରୁଥିବା କୋଣ)

(i) ଯଦି ସଲେନୟଡ୍‌ଟି ସୁଦୀର୍ଘ ହୋଇଥାଏ ଓ P ବିନ୍ଦୁ ତାହାର କେନ୍ଦ୍ର ସ୍ଥଳରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ $\phi_1=0$ ଓ $\phi_2=\pi$ ଏବଂ $(\cos\phi_1-\cos\phi_2)=2$ । ସୁତରାଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ

$$F=\frac{4\pi Ni}{l} \text{ ଓଏର୍‌ଷ୍ଟେଡ୍} \quad \ldots \quad \ldots \quad \cdots \quad (13{\cdot}19)$$

(i = ବି ଚୁ. ଏ. ପ୍ରବାହ)

ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ଏମ୍ପିୟର ହେଲେ

$$F=\frac{4\pi NI}{10l}=\frac{2\pi NI}{5l} \text{ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍} \quad \cdots \quad \cdots \quad (13.20)$$

ମି କି. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ

ତୀବ୍ରତା $F=\dfrac{NI}{l}$ ଏମ୍ପିୟର-ଘେରା/ମିଟର୍ .... ⋯ ⋯ (13 21)

ପ୍ରବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତା (Flux density) $B=\dfrac{NI\mu_0}{l}$

ଓ୍ବେବର/(ମିଟର)^2⋯(13.22)

(ii) ଯଦି P ବିନ୍ଦୁ ସୁଦୀର୍ଘ ସଲେନୟଡ୍‌ର ଏକ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ $\phi_1=0$ ଓ $\phi_2=\frac{\pi}{2}$ । ସୁତରାଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ

$$F=\frac{2\pi Ni}{l} \text{ ଏଓର୍‌ଷ୍ଟେଡ୍; } (i=\text{ବି. ଚୁ. ଏ. ପ୍ରବାହ})$$

$$=\frac{2\pi NI}{10l} \text{ ଓଏର୍‌ଷ୍ଟେଡ୍; } (I=\text{ଏମ୍ପିୟର}) \quad \cdots \quad \ldots(13.23)$$

ମି. କ. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ

$$\left.\begin{aligned} F&=\frac{NI}{2l} \text{ ଏମ୍ପିୟର୍-ଘେରା/ମିଟର} \\ B&=\frac{\mu_0 NI}{2l} \text{ ଓ୍ବେବର/(ମିଟର)}^2 \end{aligned}\right\} \cdots \quad \cdots (13.24)$$

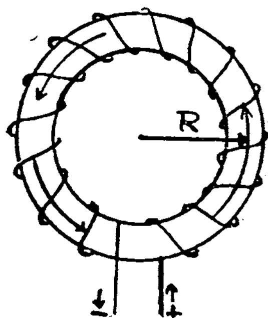
ସୁତରାଂ **ସୁଦୀର୍ଘ ସଲେନଏଡ୍‌ର ଅଭ୍ୟନ୍ତର (କେନ୍ଦ୍ର) ଭାଗରେ ଅବସ୍ଥିତ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ତାହାର ପ୍ରାନ୍ତଭାଗରେ ଅବସ୍ଥିତ କୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତାର ଦୁଇଗୁଣ ।**

(iii) ଗୋଟିଏ ସୁଦୀର୍ଘ ସଲେନଏଡ୍ ମଧ୍ୟରେ μ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା (Permeability) ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଅନ୍ତର (Core) ଥାଏ, ତାହା ହେଲେ ତାହା ଭିତରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ (Magnetic induction)

$$B=\frac{4\pi\mu\ Ni}{l};\ (i = \text{ବି. ଚୁ. ଏ. ପ୍ରବାହ})$$

$$=\frac{4\pi\mu NI}{10\,l},\ (I = \text{ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ}) \quad \dots \quad \dots \quad (12.25)$$

(d) **ଟରଇଡ୍** (Toroid) **ବା ଲଙ୍ଗର ବଳୟ** (Anchor ring) :



(ଚିତ୍ର ନଂ 13·7) [ଟରଇଡ୍]

ସଲେନଏଡ୍‌ର ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ଗୋଟିଏ ପ୍ରାନ୍ତହୀନ ସଲେନଏଡ୍ (Endless solenoid) ବା ଟରଇଡ୍ ପ୍ରତି ମଧ୍ୟ ପ୍ରଯୋଜ୍ୟ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଲେନଏଡ୍ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଗୋଟିଏ ବଳୟ (ଚିତ୍ର ନଂ 13·7) ଆକାରରେ ଯଦି ଟରଇଡ୍‌ରେ ମୋଟ N ସଂଖ୍ୟକ ଘେରା ଥାଏ ଓ ତାହାର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଓ ବାହ୍ୟ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ମାଧ୍ୟମାନ R ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଟରଇଡ୍‌ର ମାଧ୍ୟମାନ ଦୈର୍ଘ୍ୟ $l=2\pi R$ ମି. କି. ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ

$$\therefore\ F=\frac{NI}{2\pi R}\ \text{ଏମ୍ପିୟର-ଘେରା/ମିଟର}$$

$$B=\frac{\mu_0 NI}{2\pi R}\ \text{ଓ୍ୱେବେର/(ମିଟର)}^2 \quad \cdots (13\cdot26)$$

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତୀବ୍ରତା ବା ପ୍ରବାହସାନ୍ଦ୍ରତା ଟରଇଡ୍‌ର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ, କିନ୍ତୁ କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଟରଇଡ୍ କୁଣ୍ଡଳୀର ମଧ୍ୟଭାଗରେ ତୀବ୍ରତା ପ୍ରାୟ ସୁଷମ

ହୁଏ । ଗୋଟିଏ ସଳଖ ସଲେନଏଡ଼୍ ର ପ୍ରାନ୍ତଭାଗରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଯେପରି ତେଜାଳିଠେ (Flare up) ଟରଏଡ଼୍ ର କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ସେପରି ଘଟେ ନାହିଁ । ଏଠାରେ ଉଲ୍ଲେଖ-ଯୋଗ୍ୟ ଯେ ଟରଏଡ଼୍ ରେ ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ, ତାହା କେବଳ କୁଣ୍ଡଳୀ ତାରର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଭାଗରେ ସୀମିତ ରହେ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀ ତାର ଯଦି ଖୁବ୍ ଖୁନ୍ଦି ହୋଇ ଗୁଡ଼ାହୋଇଥାଏ. (Closely packed) ତାହାହେଲେ କୁଣ୍ଡଳୀର ବାହ୍ୟଭାଗକୁ ଚୁମ୍ବକ-ପ୍ରବାହ ହୁଏ ନାହିଁ (little flux leakage) ; ତେଣୁ କୁଣ୍ଡଳୀର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ବାହାରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ ।

ଉଦାହରଣ (1) 2000 ଘେରବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଟରଏଡ଼୍ ର ଭିତର ଓ ବାହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଯଥାକ୍ରମେ 9 ଓ 11 ସେ· ମି· । ଯଦି ସେଥିରେ 4 ଏମ୍ପିୟର୍ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତାହାର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଭାଗରେ ପ୍ରବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧର ମାଧ୍ୟମାନ $R = \frac{9+11}{2} = 10$ ସେ. ମି.

$$\therefore \quad B = \frac{\mu_0 N I}{l} = \frac{\mu_0 N I}{2\pi R}$$

$$= \frac{(4\pi \times 10^{-7} \text{ ୱେବେର୍/ଏମ୍ପିୟର-ମିଟର}) \; 200 \times 4 \text{ ଏମ୍ପିୟର୍}}{2\pi \times \cdot 10 \text{ ମିଟର୍}}$$

$$= 16 \times 10^{-3} \text{ ୱେବେର୍/(ମିଟର୍)}^2$$

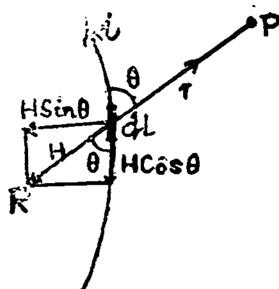
(5) ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ପରିବାହୀ (ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହକାରୀ) ଉପରେ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ବଳ :

ଲାପଲାସେଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ dl ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ i ପ୍ରବାହ-ମାତ୍ରା ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାହାଠାରୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ P ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର

ତୀବ୍ରତା $\delta F = \frac{i \, dl \sin\theta}{r^2}$

ଏହି P ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ m ସ୍ଥାପିତ ହେଲେ ତାହା ଉପରେ ବଳ

$m \, \delta F = \frac{m i \, dl \sin\theta}{r^2}$ ଡାଇନ୍



(ଚିତ୍ର ନଂ 13 8)

ଏହି ବଳ dl ଓ r ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ପନ୍ନ ସମତଳ ସହିତ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ପୃଷ୍ଠାର ନିମ୍ନ ଦିଗରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 13.8) କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ । ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଥିବାରୁ ତାହା ମଧ୍ୟ ଏକ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରିବ । ନିଉଟନ୍‌ଙ୍କ ତୃତୀୟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମେରୁ ଯୋଗୁଁ dl ଦୈର୍ଘ୍ୟର ତାର ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ ମଧ୍ୟ

$$=\frac{mi\, dl \sin\theta}{r^2}$$ ଡାଇନ୍(ପୃଷ୍ଠାର ଉପର ଦିଗରେ)

m ଯୋଗୁ r ଦୂରତ୍ୱରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$H=\frac{m}{\mu r^2}$, μ = ମାଧ୍ୟମର ସୁଭେଦ୍ୟତା

$$\therefore \frac{m}{r^2}=\mu H$$

H ଯୋଗୁ dl ଉପରେ ବଳ $=\mu H\, i\, dl \sin\theta$

ଯଦି ପରିବାହୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ l ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ବଳ

$F=\mu H\, i\, l \sin\theta$ ଡାଇନ୍

$=B\, i\, l \sin\theta$ ଡାଇନ୍ (13.27)

ଯେତେବେଳେ $\theta=90°$, $F=B\, i\, l$ ଡାଇନ୍

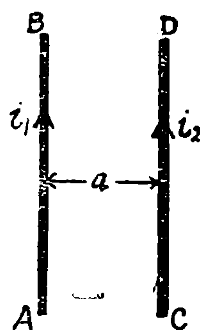
ସୁତରାଂ H ତୀବ୍ରତାବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ତାହାର ଦିଗ ସହିତ ସମକୋଣରେ l ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ ପରିବାହୀ ସ୍ଥାପିତ ହୁଏ ଓ ସେଥିରେ i ବି. ଚୁ. ଏ. ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଏବଂ ମାଧ୍ୟମର ସୁଭେଦ୍ୟତା ଯଦି μ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ପରିବାହୀ ଉପରେ $\mu H\, i\, l$ ବା $B\, i\, l$ ଡାଇନ୍ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ । ପରିବାହୀଟି ଯଦି ମୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ବଳ ଦିଗରେ ବିସ୍ଥାପିତ ହେବ । ପରିବାହୀର ଗତିର ଦିଗ ଫ୍ଳେମିଙ୍ଗଙ୍କ ବାମହସ୍ତ ନିୟମଦ୍ୱାରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

13.6 ଫ୍ଳେମିଙ୍ଗଙ୍କ ବାମ ହସ୍ତ ନିୟମ :

ବାମହସ୍ତର ବୃଦ୍ଧାଙ୍ଗୁଳି, ତର୍ଜନୀ ଓ ମଧ୍ୟମାଙ୍ଗୁଳି ପରସ୍ପର ସହିତ ସମକୋଣରେ ପ୍ରସାରିତ ହୋଇଥିବା ବେଳେ ଯଦି ତର୍ଜନୀ ଚୁମ୍ବକ-

କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ, ମଧ୍ୟମାଙ୍ଗୁଳି ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ଦର୍ଶାଏ । ତାହାହେଲେ ବୃଦ୍ଧାଙ୍ଗୁଳି ପରିବାହୀର ଗତିର ଦିଗ ଦର୍ଶାଇବ ।

13.7 ପ୍ରବାହବାହୀ ଦୁଇଟି ସଳଖ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବଳ :



(ଚିତ୍ର ନଂ 13 9)

ମନେକର AB ଓ CD ଦୁଇଟି ସଳଖ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯଥାକ୍ରମେ (ଚିତ୍ର ନଂ 13·10) i_1 ଓ i_2 ବି. ଚୁ. ଏ. ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ$=a$ ।

AB ରେ ପ୍ରବାହ ଯୋଗୁ a ଦୂରତ୍ୱରେ CD ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ

$$F_1=\frac{2\,i_1}{a}$$

ସୁତରାଂ CD ର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟପାଇଁ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i_2 ଉପରେ ବଳ

$$F=\mu\,F_1\,i_2=\frac{2\,\mu\,i_1\,i_2}{a} \text{ ଡାଇନ୍/ସେ.ମି.} \quad \cdots \quad (13.28)$$

ଠିକ୍ ସେହିପରି CD ଯୋଗୁ ABର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ

$$F=\frac{2\,\mu\,i_1\,i_2}{a} \text{ ଡାଇନ୍/ସେମି.}$$

ଦୁଇ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିଲେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆକର୍ଷଣ ବଳ ଓ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିଲେ ବିକର୍ଷଣ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।

ମି. କି ସେ. ପଦ୍ଧତିରେ ଯଦି AB ଓ CD ମଧ୍ୟରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 13·10) ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯଥାକ୍ରମେ I_1 ଓ I_2 ଏମ୍ପିୟର ହୁଏ, ତାହାହେଲେ I_1 ଯୋଗୁଁ CD ଉପରେ a ଦୂରତ୍ୱରେ ପ୍ରବାହ ସାନ୍ଦ୍ରତା (Flux Density)

$$B=\frac{\mu_o I_1}{2\pi a}$$

ସୁତରାଂ CDରେ ପ୍ରବାହିତ I_2 ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଉପରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବଳ

$$F = BI_2 l \sin\theta$$

$$= BI_2 l; \qquad (\because \theta = 90°)$$

$$= \frac{\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi a}; \text{ (ଏଠାରେ } l = \text{ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟ)}$$

$$= \frac{4\pi \times 10^{-7} \text{ ଓ୍ୱେବେର/ଏମ୍ପିୟର-ମିଟର} \times I_1 \times I_2 l}{2\pi a} \quad \cdots \quad \cdots \quad (13{\cdot}29)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସୂତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଏମ୍ପିୟର୍‌ର ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରାଯାଏ ।

ଯଦି $I_1 = I_2 = 1$ ଏମ୍ପିୟର, $l = 1$ ମିଟର୍, $a = 1$ ମିଟର୍ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ $F = 2 \times 10^{-7}$ ନିଉଟନ୍

ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଅସୀମ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ବିଶିଷ୍ଟ ଓ ଏକ ମିଟର ବ୍ୟବଧାନରେ ଅବସ୍ଥିତ ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତରାଳ ତାରରେ ପ୍ରବାହିତ ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପରସ୍ପର ଉପରେ ଏକ ମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତି 2×10^{-7} ନିଉଟନ୍ ବଳ ପ୍ରୟୋଗ କରେ, ସେହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହକୁ ଏକ ଏମ୍ପିୟର କୁହାଯାଏ ।

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. ଗୋଟିଏ ଦୀର୍ଘ ଓ ସଳଖ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ଫଳରେ ତାହାଠାରୁ a ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ପାଇଁ ଏକ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର ।

2. ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ତାହାର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଅବସ୍ଥିତ ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

3. ଗୋଟିଏ ସଲେନଏଡ୍ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ଯୋଗୁଁ ତାହାର ଅକ୍ଷ ଉପରେ (i) କେନ୍ଦ୍ର ଭାଗରେ ଓ (ii) ପ୍ରାନ୍ତରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

4. ଦୁଇଟି ସଳଖ ଓ ସମାନ୍ତରାଳ ପ୍ରବାହକାରୀ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ ପାଇଁ ଏକ ସୂତ୍ର ନିଗମନ କର ଓ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଏମ୍ପିୟର୍ର ସଂଜ୍ଞା କିପରି ନିରୂପଣ କରାଯାଇପାରେ ଦର୍ଶାଅ ।

5. 1000 ପେଚବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସଲେନଏଡ୍ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 50 ସେ:ମି: ଓ ବ୍ୟାସ 10 ସେ: ମି: । ସେଥିରେ ଯଦି ·1 ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ତାହାର କେନ୍ଦ୍ରଭାଗରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉ:—2·51 ଓଏର୍ଷ୍ଟେଡ୍]

6. ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଷୟରେ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଟିପ୍ପଣୀ ଲେଖ :—

(i) ଲାପଲାସ୍ଙ୍କ ନିୟମ (ii) ଟରଏଡ୍ ।

ଚତୁର୍ଦ୍ଦଶ ପରିଚ୍ଛେଦ

ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର, ଏମିଟର ଓ ଭୋଲ୍‌ଟମିଟର

14.1 ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର (Galvanometers) :

କୌଣସି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହର ସତ୍ତା ଓ ମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯନ୍ତ୍ରକୁ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର କୁହାଯାଏ । ବିଜ୍ଞାନାଗାର-ମାନଙ୍କରେ ସାଧାରଣତଃ ଦୁଇପ୍ରକାର ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ; ଯଥା :—(i) ଚଳଚୁମ୍ବକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର (Moving-magnet Galvanometer) ଓ (ii) ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର (Moving-coil Galvanometer) । ଚଳଚୁମ୍ବକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରରେ ଗୋଟିଏ ଭୂଲମ୍ବ ଓ ସ୍ଥିର ତାର-କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରଭାଗରେ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଚୁମ୍ବକ ଏକ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଦଣ୍ଡ ଉପରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଥାଏ ଏବଂ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ, ତାହାଦ୍ୱାରା କ୍ଷୁଦ୍ର ଚୁମ୍ବକଟି ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହୁଏ । ଏଠାରେ ଚୁମ୍ବକଟି ଘୂର୍ଣ୍ଣନଶୀଳ ହୋଇଥିବାରୁ ଯନ୍ତ୍ରଟିକୁ ଚଳଚୁମ୍ବକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର କୁହାଯାଏ । ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରରେ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ତାରକୁଣ୍ଡଳୀ ଝୁଲା-ହୋଇଥାଏ ଓ ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ତାହା ଉପରେ ଏକ ବଳ-ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ କ୍ରିୟା କରେ ଓ ଫଳରେ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଘୂରିଯାଏ । ଏଠାରେ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଘୂର୍ଣ୍ଣନଶୀଳ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହାକୁ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର କୁହାଯାଏ ।

14.2 ଚଳଚୁମ୍ବକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର :

(1) ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର :—ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ ଏକ ଭୂଲମ୍ବ ବୃତ୍ତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ରଚୁମ୍ବକ ଏକ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଦଣ୍ଡ ଉପରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଇଥାଏ । କୁଣ୍ଡଳୀଟିକୁ ଘୂରାଇ ତାହାର ସମତଳକୁ ଭୂଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟ-ରେଖା (Magnetic Meridian) ଦିଗରେ ରଖିଲେ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ H କୁଣ୍ଡଳୀର ସମତଳ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକରେ । ଏହି ଅବସ୍ଥାନରେ କେନ୍ଦ୍ରସ୍ଥ କ୍ଷୁଦ୍ର ଚୁମ୍ବକଟି ମଧ୍ୟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉତ୍ତର-ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗରେ ରହେ । ବର୍ତ୍ତମାନ

କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ, କେନ୍ଦ୍ରରେ ତାହାର ତୀବ୍ରତା

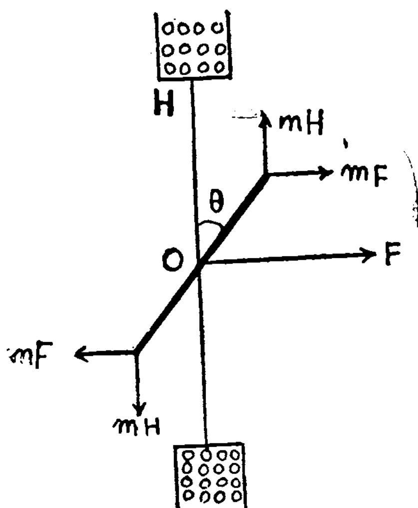
$$F = \frac{2\pi n\, i}{a} \text{ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍}$$

ଏଠାରେ, n = କୁଣ୍ଡଳୀର ଘେରସଂଖ୍ୟା

i = ପ୍ରବାହମାତ୍ରା (ଵି. ଚୁ. ଏ.)

a = କୁଣ୍ଡଳୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ

କେନ୍ଦ୍ରଭାଗରେ ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର କୁଣ୍ଡଳୀର ସମତଳ ସହିତ ଲମ୍ବ ଦିଗରେ ଅର୍ଥାତ୍ OF ଦିଗରେ କ୍ରିୟା କରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 14·1) ଓ ତାହା ପ୍ରାୟ ସୁଷମ ହୁଏ । କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରରେ ସ୍ଥାପିତ କ୍ଷୁଦ୍ର ଚୁମ୍ବକଟି ବର୍ତ୍ତମାନ ପରସ୍ପର ସମକୋଣରେ ଥିବା ଦୁଇଟି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର F ଓ H ମଧ୍ୟରେ ରହିବାରୁ ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ତାହା H ସହିତ θ ଦିଗରେ ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ସ୍ଥିର ରହେ । ସୁତରାଂ ଟାନଜେଣ୍ଟ୍ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ—



(ଚିତ୍ର ନଂ 14.1)

$$F = H \tan\theta$$

କିମ୍ବା $$\frac{2\pi\; ni}{a} = H \tan\theta$$

$$\therefore\; i = \frac{H}{\frac{2\pi n}{a}} \tan\theta$$

$$= \frac{H}{G} \tan\theta \text{ ଵି ଚୁ. ଏ.}$$

ଏଠାରେ G = ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଏମ୍ପିୟର ଏକକରେ ମାପ କରାହେଲେ

$$I = 10\,\frac{H}{G} \tan\theta = K \tan\theta \text{ ଏମ୍ପିୟର} \quad \cdots \quad (14.1)$$

ଏଠାରେ K = **ଲଘୁକାରକ** (Reduction Factor); ସୁତରାଂ ଯେଉଁ ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରରେ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇ 45° ବିକ୍ଷେପ ଘଟାଏ, ତାହାକୁ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର **ଲଘୁକାରକ** କୁହାଯାଏ ।

ସୁଗ୍ରାହିତା (Sensitiveness) :—ଯନ୍ତ୍ରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ସହିତ ବିକ୍ଷେପ ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାରକୁ $\left(\frac{d\theta}{dI}\right)$ ସୁଗ୍ରାହିତା କୁହାଯାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍-ପ୍ରବାହର ସାମାନ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ପାଇଁ ବିକ୍ଷେପ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଯଦି ଅଧିକ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଯନ୍ତ୍ରଟି ଖୁବ୍ ସୁଗ୍ରାହୀ ବିବେଚିତ ହୁଏ ।

$$I = K \tan\theta \text{ ଏମ୍ପିୟର}$$

$$dI = K \sec^2\theta$$

$$\therefore \frac{d\theta}{dI} = \frac{1}{K\sec^2\theta} = \frac{\cos^2\theta}{K}$$

ସୁତରାଂ ଯେତେବେଳେ K ର ମାନ ସର୍ବନିମ୍ନ ଏବଂ $\cos^2\theta$ ର ମାନ ସର୍ବାଧିକ, ଅର୍ଥାତ୍ $\theta = 0$, ସେତେବେଳେ ସୁଗ୍ରାହିତା ସର୍ବାଧିକ ।

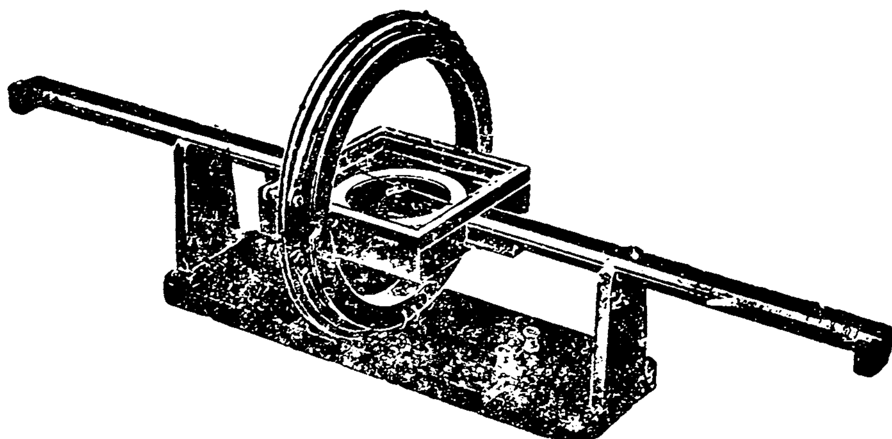
ସଠିକତା (Accuracy) :—ଯନ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମାପ କରିବାବେଳେ I ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପାଇଁ ଭୁଲ (Error)ର ପରିମାଣ dI ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ତାହାର ଅନୁପାତିକ (Proportional) କିମ୍ବା ଆପେକ୍ଷିକ (Relative) ଭୁଲ୍‌ର ମାନ—

$$\frac{dI}{I} = \frac{K\sec^2\theta\, d\theta}{K\tan\theta} = \frac{2\,d\theta}{\sin 2\theta}$$

ଅପେକ୍ଷିକ ଭୁଲ ସର୍ବନିମ୍ନ ହେଲେ **ସଠିକତା** (Accuracy) ସର୍ବାଧିକ ହୁଏ । ଆପେକ୍ଷିକ ସର୍ବନିମ୍ନ ଯେତେବେଳେ $\frac{2\,d\theta}{\sin 2\theta}$ ସର୍ବନିମ୍ନ, ଅର୍ଥାତ୍ $\sin 2\theta$ ସର୍ବାଧିକ ବା $2\theta = 90°$ ବା $\theta = 45°$ । ସୁତରାଂ ବିକ୍ଷେପ 45°ର ନିକଟତମ ହେଲେ, ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର **ସଠିକତା** ସର୍ବାଧିକ ହୁଏ ।

(2) ଷ୍ଟିୱାର୍ଟ ଓ ଗୀ ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର (Stewart and Gee pattern Tangent Galvanometer) :—ଏହି ପ୍ରକାର ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରରେ କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 14.2) ଥିବା ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକ ବାକ୍ସଟି କୁଣ୍ଡଳୀର ଅକ୍ଷ ଦିଗରେ କେନ୍ଦ୍ରର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ସଞ୍ଚରଣ ଗତି (Slide) କରିବାର ବ୍ୟବସ୍ଥା ଥାଏ ।

ସମୀକରଣ 13·15 ଅନୁଯାୟୀ ବୃତ୍ତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀରେ i ବ. ଚୁ. ଏ. ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ତାହାର ଅକ୍ଷ ଉପରେ କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ x ଦୂରତ୍ୱରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $F = \dfrac{2\pi Na^2 i}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$ ଓଏରଷ୍ଟେଡ଼୍



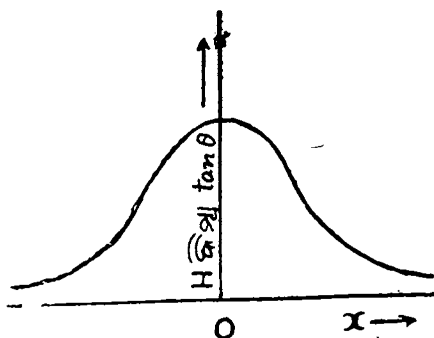
(ଚିତ୍ର ନଂ 14·2) [ଷ୍ଟିଓ୍ୱାର୍ଟ ଓ ଗୀ ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର]

ଏହି ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ଷ୍ଟିଓ୍ୱାର୍ଟ ଓ ଗୀ ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍ ଦ୍ୱାରା କୁଣ୍ଡଳୀର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଓ କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ ବିଭିନ୍ନ ଦୂରତ୍ୱରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ସେଥିପାଇଁ ଯନ୍ତ୍ରର କୁଣ୍ଡଳୀଟିକୁ ପ୍ରଥମେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ଦିଗରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ । ସୂଚୀ ଚୁମ୍ବକଟିକୁ କ୍ରମେ କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରରୁ ତାହାର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ପୂର୍ବ ଓ ପଶ୍ଚିମ ଦିଗରେ ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥାନକୁ ନେଲେ ବିକ୍ଷେପ କ୍ରମ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ଏଠାରେ

$$F = H \tan\theta$$

କିମ୍ବା $$\frac{2\pi Na^2 i}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}} = H \tan\theta \qquad \cdots\cdots(14{\cdot}2)$$

ସୁତରାଂ x ଓ $\tan\theta$ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କଲେ ତାହା ଚିତ୍ର ନଂ 14·3ରେ ଯେପରି ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ସେହିପରି ହେବ ।

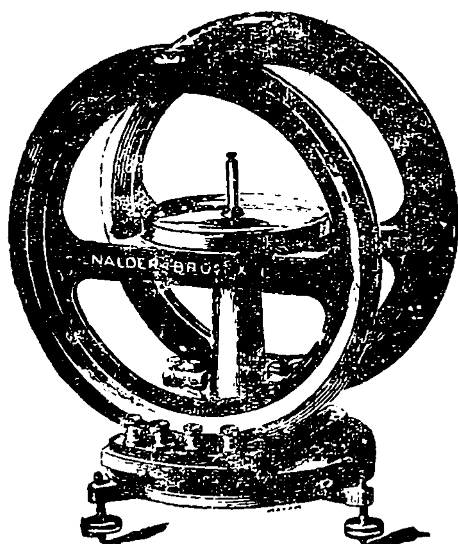


(ଚିତ୍ର ନଂ 14·3)

3. ହେଲ୍‌ମ ହୋଲ୍‌ଜ ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର (Helmholtz Galvanometer) :

ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ସମୀକରଣ $I = K \tan\theta$ ନିର୍ଗମନ କରିବାବେଳେ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକଟି ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ଅବସ୍ଥିତ ହୋଇଥିବାର କଳ୍ପନା କରାଯାଇଥାଏ; କିନ୍ତୁ ପ୍ରକୃତରେ କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରଭାଗରେ ଖୁବ୍ ଅଳ୍ପ ପରିସର ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସୁଷମ ହୁଏ, ତେଣୁ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକଟି ଖୁବ୍ କ୍ଷୁଦ୍ର ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ କାର୍ଯ୍ୟତଃ ଏହା ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ । ଏହି ଅସୁବିଧା ହେଲ୍‌ମହୋଲ୍‌ଜଙ୍କ ଦ୍ୱି-କୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ରେ ଦୂରୀଭୂତ ହୋଇଅଛି ।

ହେଲ୍‌ମହୋଲଜ୍ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ସମାନ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଓ ସମାନ ପେଚ (ଚିତ୍ର ନଂ 14·4) ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ପରସ୍ପର ସଂଯୁକ୍ତ ଭୂଲମ୍ବ ସମାନ୍ତରାଳ କୁଣ୍ଡଳୀଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଯେକୌଣସିଟିର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ସହିତ ସମାନ । ବ୍ୟବସ୍ଥାଟି ଦୁଇକୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରକୁ ଯୋଗ କରୁଥିବା ସରଳରେଖାର ମଧ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଥିବା ଏକ ଭୂଲମ୍ବ ଅକ୍ଷ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଘୂରିପାରେ । ଗୋଟିଏ ରୋଧିତ ତାରରେ ଏହାର କୁଣ୍ଡଳୀଦ୍ୱୟ ତିଆରି ହୋଇଥାଏ ଓ ଏହାର ସୂଚୀଚୁମ୍ବକଟି ଉଭୟ କୁଣ୍ଡଳୀର ମଧ୍ୟସ୍ଥାନରେ ସେମାନଙ୍କର ସାଧାରଣ ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଥାଏ ।

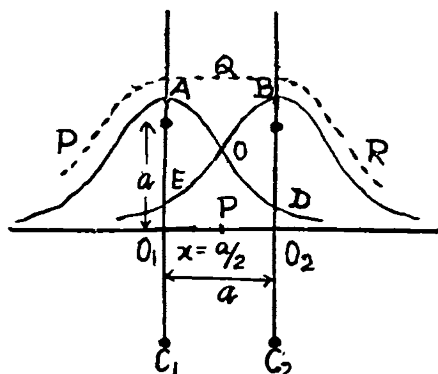


(ଚିତ୍ର ନଂ 14.4)
[ହେଲ୍‌ମ୍‌ହୋଲଜ୍ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର]

ତତ୍ତ୍ୱ :—ଉପରୋକ୍ତ ବ୍ୟବସ୍ଥାଦ୍ୱାରା କୁଣ୍ଡଳୀଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଏକ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଏହାର ସତ୍ୟତା ନିମ୍ନଲିଖିତ ରୀତିରେ ପ୍ରମାଣ କରାଯାଇପାରେ ।

ମନେକର C_1 ଓ C_2 (ଚିତ୍ର ନଂ 14·5) ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ (କୁଣ୍ଡଳୀଦ୍ୱୟର ସମତଳ ପୃଷ୍ଠା ସହିତ ଲମ୍ବ) ଓ ପ୍ରତ୍ୟେକର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $= a$ । କୁଣ୍ଡଳୀଦ୍ୱୟର କେନ୍ଦ୍ର

O_1 ଓ O_2 ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ ମଧ୍ୟ a । ଅକ୍ଷ O_1 O_2 ଉପରେ P ଏକ ବିନ୍ଦୁ ଏବଂ O_1 ଠାରୁ ତାହାର ଦୂରତ୍ୱ $=x$ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 14 5)

କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଯଦି i ବି ଚୁ. ଏକକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ C_1 କୁଣ୍ଡଳୀ ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$F = \frac{2\pi Na^2 i}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

ଓଏରଷ୍ଟେଡ · (14.3)

କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ର O_1 ଠାରୁ P ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା କ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଠିକ୍ ଏହି ସମୟରେ କୁଣ୍ଡଳୀ C_2ର କେନ୍ଦ୍ର O_2 ଠାରୁ P ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱ ହ୍ରାସ ପାଏ; ତେଣୁ C_2 କୁଣ୍ଡଳୀ ଯୋଗୁଁ P ବିନ୍ଦୁରେ ତୀବ୍ରତା ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ଯେଉଁ ସ୍ଥାନରେ C_1 କୁଣ୍ଡଳୀ ଯୋଗୁଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ତୀବ୍ରତା ହ୍ରାସର ହାର C_2 କୁଣ୍ଡଳୀ ଯୋଗୁ ତୀବ୍ରତା ବୃଦ୍ଧିର ହାର ସହିତ ସମାନ ହୁଏ ସେହି ସ୍ଥାନରେ ଉଭୟ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା ସୁଷମ ହୁଏ, ଅର୍ଥାତ୍ ଯେଉଁ ସ୍ଥାନରେ ତୀବ୍ରତା ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର $\frac{dF}{dx}$ = ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ବା $\frac{d^2F}{dx^2}=0$ ସେହି ସ୍ଥାନରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସୁଷମ । ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ $\left(\frac{d^2F}{dx^2}=0\right)$ ଯାହାଦ୍ୱାରେ କେନ୍ଦ୍ର O_1 ଠାରୁ P ବିନ୍ଦୁର ଦୂରତ୍ୱ x ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

$$\frac{dF}{dx} = \frac{d}{dx}\left[\frac{2\pi Na^2 i}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}\right] = \frac{d}{dx}\left[\frac{A}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}\right];$$

(ଏଠାରେ $A = 2\pi Na^2 i$ = ଧ୍ରୁବାଙ୍କ)

$$= A\left[\ \frac{3}{2}\left(a^2+x^2\right)^{-\frac{5}{2}} \times 2x\right]$$

$$= A\left[-3x\left(a^2+x^2\right)^{-\frac{5}{2}}\right]$$

$$\therefore \frac{d^2F}{dx^2} = A\frac{d}{dx}\left[-3x(a^2+x^2)^{-\frac{5}{2}}\right]$$

$$= A\left\{-3\left[\left(a^2+x^2\right)^{-\frac{5}{2}} + 5x^2\left(a^2+x^2\right)^{-\frac{7}{2}}\right]\right\} = 0$$

$$\therefore \left(a^2+x^2\right)^{-\frac{5}{2}} = 5x^2\left(a^2+x^2\right)^{-\frac{7}{2}}$$

କମ୍ବା $5x^2 = a^2 + x^2$

କମ୍ବା $4x^2 = a^2$

$\therefore x = \pm\frac{a}{2}$; ଏଠାରେ $x = -\frac{a}{2}$ ବର୍ଜନୀୟ

$$\therefore x = +\frac{a}{2}$$

ସୁତରାଂ ପ୍ରତ୍ୟେକ କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରଠାରୁ $\frac{a}{2}$ ଦୂରତ୍ୱରେ ଅର୍ଥାତ୍ ଦୁଇ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ a ହେଲେ, ଉଭୟ କୁଣ୍ଡଳୀର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଠିକ୍ ମଧ୍ୟସ୍ଥାନରେ ଚୁମ୍ବକ-କ୍ଷେତ୍ର ସୁଷମ ହେବ ଓ ସେହି ସ୍ଥାନରେ ସୂଚୀଚୁମ୍ବକଟି ସ୍ଥାପିତ ହେବ । ଏହି ସ୍ଥାନରେ ଉଭୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ଯୋଗୁ ତୀବ୍ରତା

$$F = 2\times\frac{2\pi Na^2 i}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{4\pi Na^2 i}{\left[a^2+\left(\frac{a}{2}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} = \frac{32\pi Ni}{5\sqrt{5}a}$$

କିନ୍ତୁ $F = H\tan\theta$

$$\therefore \frac{32\pi Ni}{5\sqrt{5}a} = H\tan\theta$$

$$\therefore i = \frac{5\sqrt{5}a \times H\tan\theta}{32\pi N} \text{ ବି. ଚୁ. ଏ.} \quad \ldots \quad \cdots \quad (14{\cdot}4)$$

$$\text{ଏବଂ } I = \frac{50\sqrt{5}\,a\,H\tan\theta}{32\pi N} \text{ ଏମ୍ପିୟର} \cdots \quad \cdots \quad \cdots(14{\cdot}5)$$

କୁଣ୍ଡଳୀ C_1 ଓ C_2 ଯୋଗୁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଯଥାକ୍ରମେ ବକ୍ରରେଖା *AOD* ଓ *BOE* ଦ୍ୱାରା (ଚିତ୍ର ନଂ 14.5) ଏବଂ ଉଭୟର ପରିଣାମୀ ତୀବ୍ରତା ବକ୍ରରେଖା *P Q R* ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । *PQR*ର ମଧ୍ୟାଂଶ ସରଳ ଅଟେ ଓ ତାହା ଦୁଇ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସୁଷମ ହେଉଥିବାର ଦର୍ଶାଏ ।

14 3 ସୁଗ୍ରାହୀ ଚଳଚୁମ୍ବକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍ :

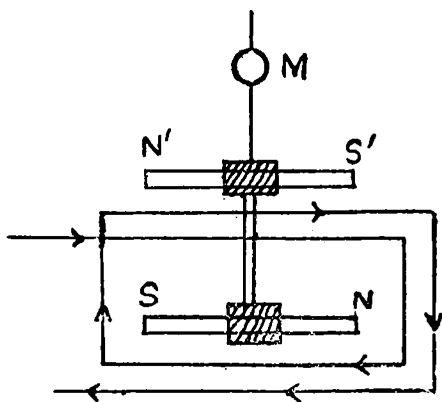
ଖୁବ୍ କ୍ଷୀଣପ୍ରବାହ ମାପ କରିବାପାଇଁ ଚଳଚୁମ୍ବକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ଅଧିକ ସୁଗ୍ରାହୀ ହେବା ଉଚିତ । ଟାନଜେଣ୍ଟ୍ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $i=\frac{H}{G}\tan\theta$

$$\text{କିମ୍ବା } \tan\theta=\frac{G}{H}i$$

ତେଣୁ କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପାଇଁ ବିକ୍ଷେପ θ ଅଧିକ ହେଲେ, ଯନ୍ତ୍ରଟି ଅଧିକ ସୁଗ୍ରାହୀ ହୁଏ ଏବଂ ସେଥିପାଇଁ *G*ର ମାନ ଅଧିକ ଓ *H*ର ମାନ ନ୍ୟୂନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ; କିନ୍ତୁ $G=\frac{2\pi n}{a}$, ସୁତରାଂ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରକୁ ଅଧିକ ସୁଗ୍ରାହୀ କରିବାକୁ ହେଲେ, କୁଣ୍ଡଳୀର ଘେରସଂଖ୍ୟା n ଅଧିକ ଓ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ a କମ୍ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । କିନ୍ତୁ ଘେର-ସଂଖ୍ୟା ଅଧିକ ହେଲେ କୁଣ୍ଡଳୀର ରୋଧ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ଓ ଫଳରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ ପାଏ । ପୁନଶ୍ଚ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ କମ୍ ହେଲେ କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରଭାଗରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ସୁଷମତା ନଷ୍ଟ ହୁଏ, ତେଣୁ ସୁଗ୍ରାହିତା ବୃଦ୍ଧି କରିବା ପାଇଁ ନିୟନ୍ତ୍ରକ ବଳକ୍ଷେତ୍ର (Controlling field) *H*ର ମାନ ହ୍ରାସ କରିବା ଦରକାର । ଉପରୋକ୍ତ ଟାନଜେଣ୍ଟ୍ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରଗୁଡ଼ିକରେ *H*ର ମାନ ହ୍ରାସ କରିବାର କୌଣସି ବ୍ୟବସ୍ଥା ନାହିଁ । ନିମ୍ନଲିଖିତ ଚଳଚୁମ୍ବକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରରେ *H*ର ମାନ ହ୍ରାସ କରି ସେଗୁଡ଼ିକୁ ଖୁବ୍ ସୁଗ୍ରାହୀ କରାଯାଇଥାଏ ।

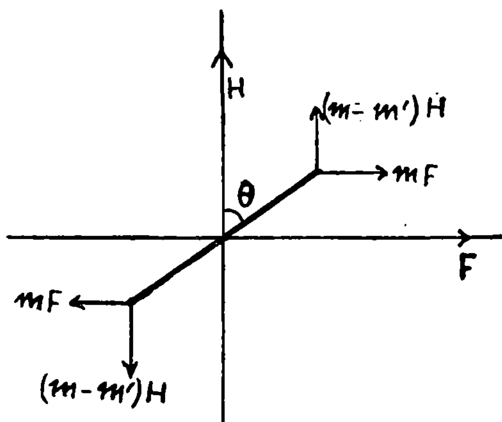
(1) **ଅସ୍ଥୈତିକ ଯୁଗଳ** (Astatic Pair) :—ଅସ୍ଥୈତିକ ଯୁଗଳରେ *H*ର ମାନ କୃତ୍ରିମ ଉପାୟରେ ହ୍ରାସ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହା ପ୍ରାୟ ସମାନ ଚୁମ୍ବକାସ୍ଥ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ (ଚିତ୍ର ନଂ 14·6) *NS* ଓ *N'S'* ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱୟ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଗୋଟିଏ ଭୂଲମ୍ବ ଅଚୁମ୍ବକୀୟ ଦଣ୍ଡ ସହିତ ଏପରି ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଯେ ଗୋଟିଏ ଅପରଟିର ଉପରେ ଓ ଉଭୟର ବିପରୀତ ମେରୁ ଏକ ଦିଗରେ ରହିଥାଏ । ଏହି ବ୍ୟବସ୍ଥାଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱୟର ପରିଣାମୀ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ

ଲୋପ ପାଏ ଓ ଝୁଲୁଥିବା ଅବସ୍ଥାରେ ଏହା ଦିଗ୍‌ବନ୍ଧକ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର H ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ ନାହିଁ ; ତେଣୁ ଏହି ଯୁଗଳଟି ଚୁମ୍ବକୀୟ ଉତ୍ତର-ଦକ୍ଷିଣ ଦିଗରେ ନ ରହି ଯେକୌଣସି ଦିଗରେ ସ୍ଥିର ରହେ । କିନ୍ତୁ ବାସ୍ତବକ୍ଷେତ୍ରରେ ଠିକ୍ ସମାନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ସମାନ ଆକାରର ଚୁମ୍ବକ ମିଳେ ନାହିଁ ; ତେଣୁ ଯୁଗଳଟି ଗୋଟିଏ କ୍ଷୀଣ ଚୁମ୍ବକସଦୃଶ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଯୋଗୁ ଏହା ଉପରେ ଯେଉଁ ଦିଗ୍‌ବନ୍ଧକ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ, ତାହା ମଧ୍ୟ ଖୁବ୍ କ୍ଷୀଣ ହୁଏ । ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିର ନିମ୍ନଭାଗରେ ଥିବା ଚୁମ୍ବକକୁ ଯଦି ଗୋଟିଏ ତାର କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ତାହାର ସମତଳ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଭାବରେ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ କରାଯାଏ, ତାହାହେଲେ ଯୁଗଳଟି ଅଧିକ ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହେବ; ତେଣୁ ତାହାର ସୁଗ୍ରାହିତା ଅଧିକ ହେବ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 14·6)

(୨) **ଅଷ୍ଟେଟିକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର** (Astatic Galvanometer) :—ଏହି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ଗୋଟିଏ ଅଷ୍ଟେଟିକ ଯୁଗଳେ (ଚିତ୍ର ନଂ 14.6) ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଯୁଗଳଟି ଗୋଟିଏ ରେଶମ ତନ୍ତୁଦ୍ୱାରା ଝୁଲୁହୋଇଥାଏ ଓ କୋଣ ମାପ କରିବାପାଇଁ ସେଥିରେ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଦର୍ପଣ M ଲାଗିଥାଏ । ମନେକର ଅଷ୍ଟେଟିକ ଯୁଗଳରେ ଥିବା ଦୁଇ ଚୁମ୍ବକ NS ଓ $N'S'$ର ମେରୁପ୍ରାବଲ୍ୟ ଯଥାକ୍ରମେ m ଓ m' ଏବଂ mର ମାନ m' ଠାରୁ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ $(m>m')$ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଯୋଗୁ m । ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ $= mH$ ଓ m' ଉପରେ ବଳ $= m'H$ । ସୁତରାଂ



(ଚିତ୍ର ନଂ 14·7)

ଯୁଗଲ ଉପରେ ପରିଣାମୀ ନିୟନ୍ତ୍ରକ ବଳ= $(m-m')H$ । ଯୁଗଲର ନିମ୍ନଭାଗରେ ଥିବା ଚୁମ୍ବକ NS ଯେଉଁ ତାର କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଥାଏ, ସେଥିରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ଯେଉଁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ, ତାହାର ତୀବ୍ରତା ଯଦି F ହୁଏ, ତାହାହେଲେ NSର ପ୍ରତ୍ୟେକ ମେରୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବିକ୍ଷେପକ ବଳ (Deflecting) = mF । ଯୁଗଲଟି ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହୋଇ ଯଦି ଭୂଚୁମ୍ବକୀୟ ମଧ୍ୟରେଖା ସହିତ θ କୋଣରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 147) ସ୍ଥିର ରହେ, ତାହାହେଲେ ବିକ୍ଷେପକ-ଯୁଗଲର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ, ନିୟନ୍ତ୍ରକ-ଯୁଗଲର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସହିତ ସମାନ ହେବ । ଚିତ୍ର ନଂ 14·7 ସାହାଯ୍ୟରେ

$$mF\ 2\ l\ \cos\theta=(m-m')H\ 2l\sin\theta$$

$$\text{କିମ୍ବା } F=\frac{(m-m')}{m}\times H\tan\theta$$

କିନ୍ତୁ $F=kNi$;

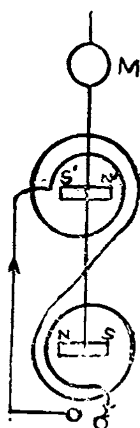
$$\therefore\ kNi=\frac{m-m'}{m}\times H\tan\theta$$

i = ପ୍ରବାହମାତ୍ରା (ବି. ଚୁ. ଏ.)
N = କୁଣ୍ଡଳୀର ଘେରସଂଖ୍ୟା
K = ଧ୍ରୁବାଙ୍କ

$$\text{କିମ୍ବା } i=\frac{m-m'}{m}\times\frac{H\tan\theta}{kN}=K\tan\theta \qquad \cdots \cdots \quad (14\ 6)$$

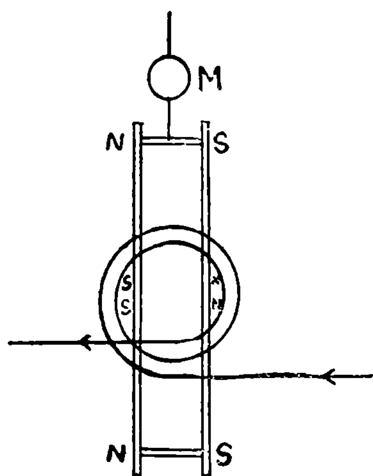
ଏଠାରେ $K=\dfrac{m-m'}{mKN}$ = ଗାଲଭାନୋମିଟରର ଲଘୁକାରକ ଯଦି m ଓ m' ପରସ୍ପର ସହିତ ପ୍ରାୟ ସମାନ ହୁଏ ଓ ଘେରାସଂଖ୍ୟା ଅଧିକ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ Kର ମାନ ଖୁବ୍ କମ୍ ହେବ ଏବଂ ଖୁବ୍ କ୍ଷୀଣ ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ବିକ୍ଷେପ ଅଧିକ ହେବ ।

ଯଦି ଯୁଗଲର ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱୟ ଗୋଟିଏ ତାରରେ ଉଠାଣ ଓ ବିପରୀତ ଭାବେ ଗୁଡ଼ାହୋଇଥିବା ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ (ଚିତ୍ର ନଂ14.8) ମଧ୍ୟରେ ରହେ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ବିକ୍ଷେପ ଦ୍ୱିଗୁଣିତ ହେବ । ଏହି ପ୍ରକାର ଗାଲଭାନୋମିଟରକୁ **"କେଲ୍‌ଭିନଙ୍କ (14.8) ଅସ୍ଥୈତିକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର"** କୁହାଯାଏ । ବ୍ୟବସ୍ଥାଟି (ଚଳନଶୀଳ) ଖୁବ୍ ହାଲୁକା କରି ଓ କ୍ୱାର୍ଜ ତନ୍ତୁ ବ୍ୟବହାର କରି ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ 10^{-10} ଏମ୍ପିୟରର ପ୍ରବାହ ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ଆଲୋକ ଓ ସ୍କେଲ୍ ବ୍ୟବସ୍ଥାଦ୍ୱାରା ଏହାର ବିକ୍ଷେପ ମାପ କରାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 14.8)

(3) ବ୍ରୋକା ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର (Broca's galvanometer) :—

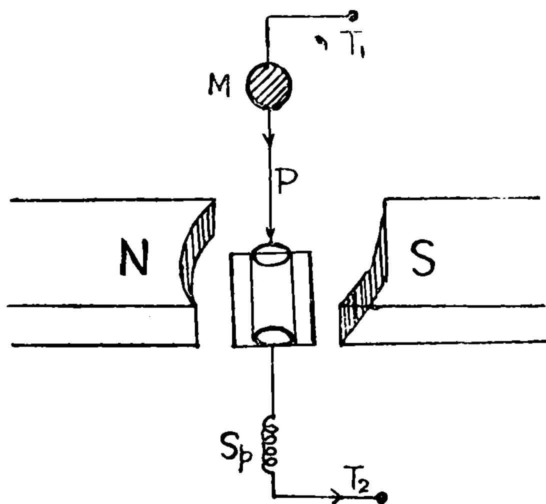


(ଚିତ୍ର ନଂ 14.9)

ଅଧ୍ୟାପକ ବ୍ରୋକା ଏହି ସୁଗ୍ରାହୀ ଅସ୍ଥୈତିକ ଗାଲଭନୋମିଟର ତିଆରି କରିଥିଲେ । ଏଥିରେ ଯୁଗଳର ଦୁଇ ଚୁମ୍ବକ ଭୂଲମ୍ବଭାବରେ ଗୋଟିଏ ଖୁବ୍ ସରୁ କ୍ୱାର୍ଜ ତନ୍ତୁଦ୍ୱାରା ଝୁଲାଯାଇଥାଏ । ଚୁମ୍ବକଦ୍ୱୟ ଏପରି ଚୁମ୍ବକିତ ହୋଇଥାଏ ଯେ, ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତରେ N ମେରୁ ଓ ମଧ୍ୟଭାଗରେ S-ମେରୁ ଏବଂ ଅପର ଚୁମ୍ବକଟିର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତରେ S-ମେରୁ ଓ ମଧ୍ୟଭାଗରେ N-ମେରୁ ଉଦ୍ଭବ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର ତନ୍ତୁରେ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଦର୍ପଣ M ଲାଗିଥାଏ ଏବଂ ଆଲୋକ ଓ ସ୍କେଲ୍ ବ୍ୟବସ୍ଥାଦ୍ୱାରା ଏହାର ବିକ୍ଷେପ ମାପ କରାଯାଏ ।

14·4 ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର (Moving-coil Galvanometer) :

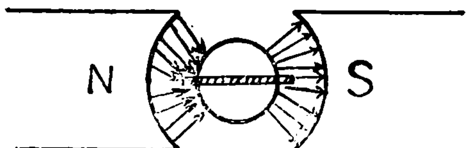
ଏହି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରେ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାୟୀ ଓ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଘୋଡ଼ାନାଲ (Horse-shoe) ଚୁମ୍ବକ ଓ ତାହାର ଦୁଇ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 14·10) ଭୂଲମ୍ବ ଭାବରେ ଝୁଲୁଥିବା ଗୋଟିଏ ସରୁ ରୋଧିତ ତମ୍ବା ତାରର କୁଣ୍ଡଳୀଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । କୁଣ୍ଡଳୀଟିର ଆକାର ସାଧାରଣତଃ ଆୟତାକାର କିନ୍ତୁ କେତେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତାହା ବୃତ୍ତାକାର ମଧ୍ୟ ହୋଇଥାଏ । କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଫସ୍‌ଫର ବ୍ରୋଞ୍ଜର ଗୋଟିଏ ସରୁ ଫଳକ (Strip) P ଦ୍ୱାରା ଝୁଲିହୋଇଥାଏ । ଏହି ଫଳକଟି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିବାହୀ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌-ପ୍ରବାହ କରାଏ । ଫଳକଟିର



(ଚିତ୍ର ନଂ 14.10)

ଗୋଟିଏ ପ୍ରାନ୍ତ ସ୍କ୍ରୁ T_1 ସହିତ ଓ ଅପର ପ୍ରାନ୍ତ କୁଣ୍ଡଳୀ ତାରର ଗୋଟିଏ ପ୍ରାନ୍ତ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । କୁଣ୍ଡଳୀ ତାରର ଅପର ପ୍ରାନ୍ତଟି ଗୋଟିଏ ସ୍ପ୍ରିଂ Sp ମଧ୍ୟଦେଇ ସ୍କ୍ରୁ T_2 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଆଲୋକ ଓ ସ୍କେଲ ବ୍ୟବସ୍ଥାଦ୍ୱାରା ବିକ୍ଷେପ ମାପ କରିବା ପାଇଁ ଫଳକ ଉପରେ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଦର୍ପଣ M ଲାଗିଥାଏ ।

ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇ ମେରୁ ମୁଖ (Pole face)କୁ କାଟି ଅର୍ଦ୍ଧ ସିଲିଣ୍ଡର ଆକୃତିରେ ଅବତଳ (Concave) କରାଯାଇଥାଏ ଓ ଫଳରେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ବାୟୁ-ଫାଙ୍କ (Air Space) ସିଲିଣ୍ଡର ଆକୃତିର ହୋଇଥାଏ । କୁଣ୍ଡଳୀ ଭିତରେ ସାଧାରଣତଃ ନରମ ଲୁହାର ଏକ ସ୍ତମ୍ଭାକାର ଅନ୍ତର (Core) ଥାଏ ଓ ତାହା ଦୁଇ ମେରୁ ମଧ୍ୟସ୍ଥ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳରେଖା ଗୁଡ଼ିକୁ ଅରୀୟ (Radial) କରେ । ଅରୀୟ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର (Radial field) ସୁବିଧା (ଚିତ୍ର ନଂ 14.11) ଏହି ଯେ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଭୂଲମ୍ବଭାବରେ ଝୁଲୁଥିବାବେଳେ ଘୂରି ଯେକୌଣସି ଅବସ୍ଥାନରେ ରହିଲେ ମଧ୍ୟ ତାହାର ସମତଳ ସର୍ବଦା ସମାନ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ବଳରେଖା ସହିତ ସମାନ୍ତର ହୁଏ । କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଭୂଲମ୍ବ ଭାବରେ ଝୁଲୁଥିବାରୁ ତାହାର ଭୂଲମ୍ବ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ (Vertical side of the Coil) ବଳରେଖାଗୁଡ଼ିକ ସମକୋଣରେ ଛେଦ କରେ ।

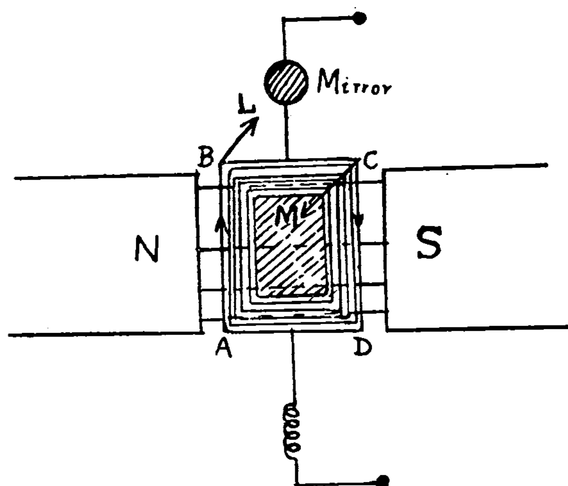


(ଚିତ୍ର ନଂ 14· 1)

ତତ୍ତ୍ୱ (Theory) :—ଘୋଡ଼ାନାଲ ଚୁମ୍ବକର N ଓ S ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 14 12) କୁଣ୍ଡଳୀ $ABCD$ ଅବସ୍ଥିତ । ମନେକର କୁଣ୍ଡଳୀର ସମତଳ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର Hର ଦିଗ ସହିତ ସମାନ୍ତର ଏବଂ AB ଓ CD ଭୂଲମ୍ବ ବାହୁଦ୍ୱୟ ବଳ-ରେଖା ସହିତ ଲମ୍ବ । କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ତୀରଚହ୍ନିତ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ଫ୍ଲେମିଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ବାମହସ୍ତ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ AB ଓ CD ବାହୁ ଉପରେ ଦୁଇଟି ବଳ ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ (ତୀରଚହ୍ନିତ ବିନ୍ଦୁରେଖା BL ଓ CM ଦିଗରେ) ଭାବରେ ଘୂରିବ ।

ମନେକର, i = କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା (ବି. ଚୁ. ଏ)
n = କୁଣ୍ଡଳୀର ଘେରସଂଖ୍ୟା
l = କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ (ଅର୍ଥାତ୍ $AB = CD = l$)
b = କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରସ୍ଥ (ଅର୍ଥାତ୍ $BC = AD = b$)

A = କୁଣ୍ଡଳୀର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ($A = lb$)
H = ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା



(ଚିତ୍ର ନଂ 14.12)

କୁଣ୍ଡଳୀର ସମତଳ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ବଳରେଖା ସହିତ ସମାନ୍ତର ହୋଇଥିବା ବେଳେ କୁଣ୍ଡଳୀରେ i ବି. ଚୁ. ଏ. ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, AB ଓ CD ପ୍ରତ୍ୟେକ ଭୂଜମାନ ଉପରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ $= nil\ H$ । ଏହି ବଳ H ସହିତ ସମକୋଣରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ଫଳରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ବିକ୍ଷେପକ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (Moment of deflecting Couple) $= nilb\ H$

$$= ni\ AH$$

ଏହି ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଘୂରାଏ । BC ଓ AD ବାହୁରେ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ବଳରେଖା ସହିତ ସମାନ୍ତର; ତେଣୁ ସେମାନଙ୍କ ଉପରେ କୌଣସି ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ନାହିଁ ।

କୁଣ୍ଡଳୀ ଉପରେ ବିକ୍ଷେପକ-ଯୁଗଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ତାହା ଘୂରିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ଓ ଫଳରେ କୁଣ୍ଡଳୀଟିକୁ ଝୁଲାଉଥିବା ଫଳକ ବା ତନ୍ତୁ ମୋଡ଼ିହୋଇଯାଏ ଏବଂ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଏକ 'ମୋଡ଼ନ-ଯୁଗଳ' (Torsional Couple) କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହି ଯୁଗଳକୁ **ନିୟନ୍ତ୍ରକ-ଯୁଗଳ** (Controlling Couple) କୁହାଯାଏ । ଯେତେବେଳେ ବିକ୍ଷେପକ ଓ ନିୟନ୍ତ୍ରକ-ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସମାନ (ଓ ବିପରୀତ) ହୁଏ,

ସେତେବେଳେ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ସ୍ଥିର ରହେ । ମନେକର କୁଣ୍ଡଳୀଟି θ କୋଣ ଘୂରିବା ପରେ ସ୍ଥିର ରହେ, ଅର୍ଥାତ୍ ବିକ୍ଷେପ କୋଣ$=\theta$ । ଯଦି ଫସ୍ଫର-ବ୍ରୋଞ୍ଜ ଫଳକର ଏକ ରେଡିୟାନ୍ ମୋଡ଼ନ (Unit twist) ପାଇଁ ଉତ୍ପନ୍ନ ମୋଡ଼ନ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ$=C$ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ θ କୋଣ ମୋଡ଼ନ ପାଇଁ ନିୟନ୍ତ୍ରକ-ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $=C\theta$

ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ $niAH=C\theta$

$$\therefore \quad i=\frac{C}{nAH}\times\theta=K\theta \quad .... \qquad \cdots \qquad \cdots (14.7)$$

$$\left(\text{ଏଠାରେ } K=\frac{C}{nAH}=\text{ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ} \right)$$

ସୁତରାଂ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i ବିକ୍ଷେପ θ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ । ବୈଜ୍ଞାନିକ ଡି. ଆରସନ୍ଭାଲ (D. Arsonval) ଏହି ପ୍ରକାର ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ପ୍ରଥମେ ତିଆରି କରିଥିଲେ ; ତେଣୁ ଏହାକୁ ଡି. ଆରସନ୍ଭାଲ୍ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର କୁହାଯାଏ । ଏହି ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ଖୁବ୍ ସୁଗ୍ରାହୀ ଓ 10^{-6}ଏମ୍ପିୟର ବା ତାହାଠାରୁ କମ୍ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମାପ କରିବା ପାଇଁ ଏହା ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଅଧିକମାତ୍ରାର ପ୍ରବାହ ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ମଧ୍ୟ-ଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ଯନ୍ତ୍ରଟି ନଷ୍ଟ ହୋଇଯାଏ ।

[ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ବଳରେଖା ଯଦି ଅରୀୟ ହୋଇ ନ ଥାଏ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ବଳରେଖାର ଦିଗରୁ θ କୋଣରେ ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ବିକ୍ଷେପକ-ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ$=niAH\cos\theta$ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ

$$niAH\cos\theta=C\theta$$

$$i=\frac{C}{nAH}\times\frac{\theta}{\cos\theta}=K\frac{\theta}{\cos\theta}$$

ବଳରେଖା ଅରୀୟ ହେଲେ $\theta=0$ ଅର୍ଥାତ୍ $\cos\theta=1$ ହୁଏ ଓ ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ $i=K\theta$]

ସୁଗ୍ରାହିତା :—ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ର ସୁଗ୍ରାହିତା

$$\frac{d\theta}{di}=\frac{nAH}{C}$$

ସୁତରାଂ n, A ଓ H ବୃଦ୍ଧି କରି ଓ C ହ୍ରାସ କରି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ସୁଗ୍ରାହିତା ଅଧିକ କରାଯାଇପାରେ । ସମାନ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦବିଶିଷ୍ଟ ଫସ୍‌ଫର-ବ୍ରୋଞ୍ଜର ଗୋଲାକାର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ତନ୍ତୁ ଅପେକ୍ଷ ପାତ ତନ୍ତୁ ବା ଫଳକ (Strip)ର C କମ୍ । ତେଣୁ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ସୁଗ୍ରାହିତା ବୃଦ୍ଧି କରିବା ପାଇଁ ଗୋଟିଏ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଓ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକ ଏବଂ ଫସ୍‌ଫର-ବ୍ରୋଞ୍ଜର ଫଳକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

14.5 ଅନାବର୍ତ୍ତୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର (Dead beat or Aperiodic Galvanometer) :

ଯେଉଁ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ତାହାର କୁଣ୍ଡଳୀଟି ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହୋଇ ବିନା ଦୋଳନରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥାପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ବନ୍ଦ ହେଲେ, ତାହାର ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ଅବସ୍ଥାକୁ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଫେରିଆସେ, ତାହାକୁ **ଅନାବର୍ତ୍ତୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର** କୁହାଯାଏ ।

ସାଧାରଣତଃ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲଭାନୋମିଟରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାହାର କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଘୂରିଯାଏ; କିନ୍ତୁ ଏହି ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ସମୟରେ ତାହା ଗତିଶକ୍ତି (Kinetic energy) ହାସଲ କରେ ଓ ଯେଉଁ ବିକ୍ଷେପ θରେ ତାହା ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ସ୍ଥିର ରହିବା କଥା, ତାହାଠାରୁ ଅଧିକ ଘୂରିଯାଏ । ଏହା ଦ୍ୱାରା କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଝୁଲାଇଥିବା ତନ୍ତୁ ବା ଫଳକ ଅଧିକ ମୋଡ଼ିହୋଇଯାଏ ଓ ଫଳରେ କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୋଳନ ଆରମ୍ଭ ହୁଏ । ଏହି ଦୋଳନ, କୁଣ୍ଡଳୀ ଯେଉଁ ଗତିଶକ୍ତି ହାସଲ କରିଥାଏ, ତାହା ମନ୍ଦନ-ବଳ (Damping force)ଦ୍ୱାରା ନିଃଶେଷ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଚାଲୁ ରହେ । ମନ୍ଦନ ପ୍ରଧାନତଃ (1) ବାୟୁର ସାନ୍ଦ୍ରତା (Viscosity of Air) ଏବଂ (2) କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣି-ବିଦ୍ୟୁତପ୍ରବାହ (Eddy current)ଦ୍ୱାରା ଘଟିଥାଏ; ତେଣୁ ଗାଲଭାନୋମିଟରକୁ ଅନାବର୍ତ୍ତୀ (ଦୋଳନଶୂନ୍ୟ) କରିବା ପାଇଁ ଏହି ମନ୍ଦନ-ବଳ ଅଧିକ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହଜନିତ ମନ୍ଦନ ଅଧିକ କରିବାପାଇଁ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ସାଧାରଣତଃ ଗୋଟିଏ ଅଚୁମ୍ବକୀୟ ହାଲୁକା ଧାତୁର **'ଫରମର୍'** (Former) ଉପରେ ଗୁଡ଼ାଇଦିଆଯାଏ । କୁଣ୍ଡଳୀଟି ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଘୂରିବାବେଳେ ତାହାମଧ୍ୟରେ ଓ ତାହାର 'ଫରମର୍' ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ, ତାହା ଏକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ ଓ ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରଭାବକୁ ପ୍ରତିରୋଧ କରେ ଏବଂ ଏହାଫଳରେ କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୋଳନ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରଟି ଅନାବର୍ତ୍ତୀ ହୁଏ ।

'ଫରମର୍' ବ୍ୟବହାର କରିବା ଯଦି ସମ୍ଭବ ନ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତବିନ୍ଦୁକୁ ଗୋଟିଏ ଟିପାଚାବି (Tap Key) ସାହାଯ୍ୟରେ ସଂଯୁକ୍ତ କରି

ତାହାର ଦୋଳନ ମଧ୍ୟ ବନ୍ଦ କରିଦିଆଯାଇପାରେ । କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୋଳନ ସମୟରେ ସେଥିରେ ଯେଉଁ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ, ତାହା କୁଣ୍ଡଳୀ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀ ପରିପଥରେ ଥିବା ରୋଧର ସମଷ୍ଟି ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ । କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତବିନ୍ଦୁକୁ ଟିପା-ଗୁଚ୍ଛଦ୍ୱାରା ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ, ତାହା ଏକ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ପରିପଥରେ (Short circuited) ପରିଣତ ହୁଏ ଓ ତାହାର ରୋଧ ପରିମାଣ ଖୁବ୍ କମ୍ ହୋଇଯାଏ ଏବଂ ଫଳରେ ସେଥିରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ଓ ତଜ୍ଜନିତ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଖୁବ୍ ଅଧିକ ହୁଏ । ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରଭାବକୁ ପ୍ରତିରୋଧ କରି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ଦୋଳନକୁ ଶୀଘ୍ର ବନ୍ଦ କରିଦିଏ ।

14·6 ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ସୁଗ୍ରାହିତା :

ଚଳଚୁମ୍ବକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ଅପେକ୍ଷା ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ଅଧିକ ସୁଗ୍ରାହୀ । ଏହାର ସୁଗ୍ରାହିତା ବ୍ୟବହାର ଅନୁଯାୟୀ ବିଭିନ୍ନ ଧାରରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

(i) **ପ୍ରବାହ ସୁଗ୍ରାହିତା** (Current Sensitivity) :– ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରରେ ଖୁବ୍ କ୍ଷୀଣପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଯଦି ବିକ୍ଷେପ ଅଧିକ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ପ୍ରବାହ ସୁଗ୍ରାହିତା ଅଧିକ ବୋଲି ବିବେଚନା କରାଯାଏ ।

(ii) **ମାଇକ୍ରୋ ଏମ୍ପିୟର ସୁଗ୍ରାହିତା** (Micro-ampere Sensitivity) :—ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରରେ ଏକ ମାଇକ୍ରୋଏମ୍ପିୟର (10^{-6} ଏମ୍ପିୟର) ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ତାହାର ଦର୍ପଣଠାରୁ ଏକ ମିଟର ବ୍ୟବଧାନରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ସ୍କେଲ ଉପରେ ମିଲିମିଟରରେ ପ୍ରକାଶିତ ବିକ୍ଷେପକୁ ଉକ୍ତ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର **ମାଇକ୍ରୋଏମ୍ପିୟର ସୁଗ୍ରାହିତା** କୁହାଯାଏ ।

(iii) **ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ଉପଯୋଗାଙ୍କ** (Figure of merit of Galvanometer) :—ଯେଉଁ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଗାଲଭାନୋମିଟରର ଦର୍ପଣଠାରୁ ଏକ ମିଟର ବ୍ୟବଧାନରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ସ୍କେଲ ଉପରେ ଏକ ମିଲିମିଟର ବିକ୍ଷେପ ଘଟାଏ, ତାହାକୁ ଉକ୍ତ ଗାଲଭାନୋମିଟରର **ଉପଯୋଗାଙ୍କ** କୁହାଯାଏ ।

(iv) **ଭୋଲ୍‌ଟେଜ ସୁଗ୍ରାହିତା** (Voltage Sensitivity) :— ଗାଲଭାନୋମିଟର କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଖୁବ୍ ନିମ୍ନମାନର ଭୋଲ୍‌ଟେଜ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ତାହାର ବିକ୍ଷେପ ଯଦି ଅଧିକ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର **ଭୋଲ୍‌ଟେଜ ସୁଗ୍ରାହିତା** ଅଧିକ ବୋଲି ବିବେଚନା କରାଯାଏ ।

ଏକ ପ୍ରବାହ ସୁଗ୍ରାହିତା ପାଇଁ ଯଦି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର କୁଣ୍ଡଳୀର ରୋଧ ନ୍ୟୂନ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ନିମ୍ନ ଭୋଲଟେଜ ସୁଗ୍ରାହୀ ହେବ, ଅର୍ଥାତ୍ ନିମ୍ନ-ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ପ୍ରବାହ ସୁଗ୍ରାହୀ ଗାଲଭାନୋମିଟରରେ ନିମ୍ନ ଭୋଲଟେଜରେ ଅଧିକ ବିକ୍ଷେପ ହେବ ।

ମାଇକ୍ରୋଭୋଲ୍‌ଟ ସୁଗ୍ରାହିତା (Microvolt Sensitivity) :— ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ମାଇକ୍ରୋଭୋଲ୍‌ଟ (10^{-6} ଭୋଲ୍‌ଟ) ବିଭବାନ୍ତର ପ୍ରୟୋଗ କଲେ, ତାହାର ଦର୍ପଣଠାରୁ ଏକ ମିଟର ଦୂରରେ ଥିବା ଏକ ସ୍କେଲ ଉପରେ ମିଲିମିଟରରେ ପ୍ରକାଶିତ ବିକ୍ଷେପକୁ ଉକ୍ତ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର **ମାଇକ୍ରୋଭୋଲ୍‌ଟ ସୁଗ୍ରାହିତା** କୁହାଯାଏ ।

(iii) **ମେଗ୍‌ଓମ୍ ସୁଗ୍ରାହିତା** (Megohm Sensitivity) :—ଯେଉଁ ସଂଖ୍ୟକ ମେଗ୍‌ଓମ୍ ରୋଧ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ହେଲେ ସମବାୟର (Combination) ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଭୋଲ୍‌ଟ ବିଭବାନ୍ତର ପ୍ରୟୋଗଦ୍ୱାରା ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ଦର୍ପଣଠାରୁ ଏକ ମିଟର ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ ସ୍କେଲ ଉପରେ ଏକ ମିଲିମିଟର ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ, ତାହାକୁ ଉକ୍ତ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର **ମେଗ୍‌ଓମ୍ ସୁଗ୍ରାହିତା** କୁହାଯାଏ ।

(iv) ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ସୁଗ୍ରାହିତା ତାହାର ରୋଧ ଓ ଆବର୍ତ୍ତିକାଳ (Period of Vibration) ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ସେଥିପାଇଁ ସୁଗ୍ରାହିତାର ଏକ ନୂତନ ଓ ସାଧାରଣ ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରାଯାଇଅଛି ଓ ତଦନୁଯାୟୀ—

$$\text{ସୁଗ୍ରାହିତା} = \frac{\theta}{T^2\sqrt{R}}$$

ଏଠାରେ θ = ଏକ ମାଇକ୍ରୋଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ବିକ୍ଷେପ

T = ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ଆବର୍ତ୍ତିକାଳ

R = ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ରୋଧ

14.7 ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲଭାନୋମିଟରର ସୁବିଧା (Advantages) ଓ ଅସୁବିଧା (Disadvantages) :

(a) **ସୁବିଧା** :—(i) ଏହି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ଖୁବ୍ ସୁଗ୍ରାହୀ । ∵ ସୁଗ୍ରାହିତା $\frac{d\theta}{di} = \frac{nAH}{C}$, ତେଣୁ H ଓ nର ମାନ ବୃଦ୍ଧିକରି ଓ Cର ମାନ ହ୍ରାସ କରି ଏହାର

ସୁଗ୍ରାହ୍ୟତା ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇପାରେ । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ 10^{-8} ଏମ୍ପିୟର କିମ୍ବା ତାହା-ଠାରୁ ନିମ୍ନ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମାପ କରାଯାଇପାରେ ।

(ii) ଏହାର ବିକ୍ଷେପ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ($i \propto \theta$); ତେଣୁ ଏହାର ବିକ୍ଷେପ, ସମାନଭାବେ ଅଂଶାଙ୍କିତ ଏକ ସ୍କେଲଦ୍ୱାରା ମାପ କରାଯାଇପାରେ ।

(iii) କୁଣ୍ଡଳୀର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (Moment of Inertia) ହ୍ରାସ କରି ଏବଂ କୁଣ୍ଡଳୀ ତାରକୁ ଗୋଟିଏ ଅଚୁମ୍ବକୀୟ ଧାତୁର ଅଧାର ଉପରେ ଗୁଡ଼ାଇ ଏହି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରକୁ ଅନାବର୍ତ୍ତୀ (Aperiodic) କରାଯାଇପାରେ ।

(iv) ଏହାର ରୋଧ ଖୁବ୍ କମ୍ ।

(v) ଏହାର ବିକ୍ଷେପ ଓ କାର୍ଯ୍ୟକାରିତା ଭୂ-ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ; ତେଣୁ ଏହାକୁ ଯେକୌଣସି ସ୍ଥଳରେ ସ୍ଥାପନ କରି ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରେ ।

(vi) ଏହାର କୁଣ୍ଡଳୀ ଗୋଟିଏ ସ୍ଥାୟୀ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ରହୁ-ଥିବାରୁ ଏହା ବାହ୍ୟ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ ନାହିଁ ।

(b) **ଅସୁବିଧା** :—(i) ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ବିମିତି (Dimension) ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମାପ କରିବା ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ।

(ii) ଏହାଦ୍ୱାରା ଉଚ୍ଚମାତ୍ରାର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ (Heavy Current) ସିଧା (Direct) ମାପ କରିବା ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ।

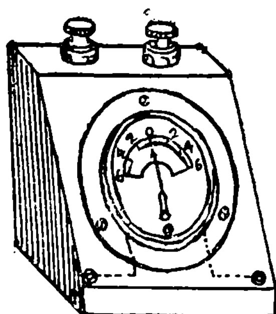
(iii) ଏହି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ଉଚ୍ଚମାତ୍ରାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଝୁଲାଉଥିବା ତନ୍ତୁ ବା ଫଳକଟି ପୋଡ଼ି ନଷ୍ଟ ହୋଇଯାଏ । ସେଥିପାଇଁ ଏହାକୁ ବ୍ୟବହାର କରିବାବେଳେ ଏହାସହିତ ସଣ୍ଟ୍ (Shunt) ବ୍ୟବହାର କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

14·8 ବହନକ୍ଷମ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର (Portable moving coil Galvanometer) :

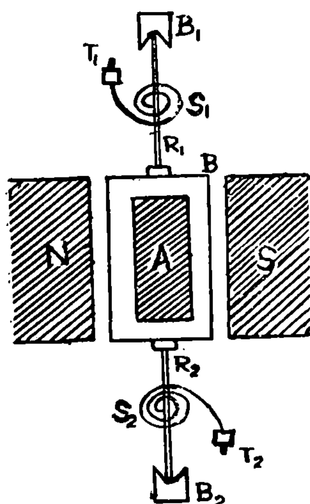
ଡି. ଆରସନ୍‌ଭାଲ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ନେବାଆଣିବା ପାଇଁ ସୁବିଧାଜନକ ନୁହେଁ ଏବଂ ନେବାଆଣିବାଦ୍ୱାରା ଏହାର ସୂକ୍ଷ୍ମ ଫସ୍‌ଫର-ବ୍ରୋଞ୍ଜ ତନ୍ତୁ ମଧ୍ୟ ନଷ୍ଟ ହୋଇଯାଇ-ପାରେ । ପୁନଶ୍ଚ ଏହି ଗାଲଭାନୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ ମାପ କରିବା ପାଇଁ ଆଲୋକ ଓ ସ୍କେଲର ବ୍ୟବସ୍ଥାର ସାହାଯ୍ୟ ନେବାକୁ ହୁଏ । ଏହିସବୁ ଅସୁବିଧା ଦୂର କରିବା ପାଇଁ

ଉପରୋକ୍ତ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ନିର୍ମାଣ ପ୍ରଣାଳୀରେ କିଛି ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ଓ ବହନକ୍ଷମ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ତିଆରି କରାଯାଇଛି । ଏଥିରେ ଗୋଟିଏ ସୂଚକ ସାହାଯ୍ୟରେ ବିକ୍ଷେପ ମାପ କରାଯାଏ ।

ବର୍ଣ୍ଣନା :— ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 14.13a) ଗୋଟିଏ ଆଲୁମିନିୟମ ଫ୍ରେମ୍ ଉପରେ ଗୁଡ଼ାହୋଇଥିବା ଏକ ରୋଧିତ ସରୁ ତମ୍ବା ତାରର କୁଣ୍ଡଳୀ B ଗୋଟିଏ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇମେରୁ N ଓ S ମଧ୍ୟରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 14.13 b) ରହିଥାଏ । ଫ୍ରେମ୍‌ଟିର ଉପରେ ଓ ତଳେ ଦୁଇଟି ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡ (Spindle) R_1 ଓ R_2



(ଚିତ୍ର ନଂ 14.12 a)



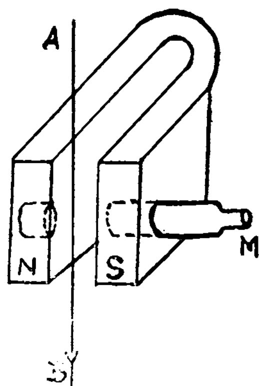
(ଚିତ୍ର ନଂ 14·13 b)

ଥାଏ ଏବଂ ଏହି ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡ ସାହାଯ୍ୟରେ ଫ୍ରେମଟି ଦୁଇଟି ମଣି ବେୟାରିଂ (Jewel bearing) B_1 ଓ B_2 ଉପରେ ଘୂରିପାରେ । ଫସଫର ବ୍ରୋଞ୍ଜ ନିର୍ମିତ ଓ ବିପରୀତଭାବେ ଗୁଡ଼ାହୋଇଥିବା ଦୁଇଟି ସ୍ପ୍ରିଂ S_1 ଓ S_2 ଯଥାକ୍ରମେ ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡ R_1 ଓ R_2 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । କୁଣ୍ଡଳୀ ତାରର ଏକପ୍ରାନ୍ତ $_1$ର ଏକପ୍ରାନ୍ତ ସହିତ ଓ ଅପର ପ୍ରାନ୍ତ S_2ର ଏକପ୍ରାନ୍ତ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଦୁଇ ସ୍ପ୍ରିଂର ଅପର ପ୍ରାନ୍ତଦ୍ୱୟ ଦୁଇଟି ଶେଷାଗ୍ର ସ୍କ୍ରୁ T_1 ଓ T_2 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏଠାରେ ମଧ୍ୟ ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇ ମେରୁମୁଖକୁ (Pole face) କାଟି ଅର୍ଦ୍ଧ ସିଲିଣ୍ଡର ଆକାରରେ ଅବତଳ (Concave) କରାଯାଇଥାଏ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀ ଭିତରେ ସିଲିଣ୍ଡର ଆକୃତିର ନରମ ଲୁହା ନିର୍ମିତ ଗୋଟିଏ ଅନ୍ତର A (Core) ଥାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ମେରୁଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର

ଅରୀୟ (Radial) ହୁଏ । ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡ ସହିତ କୁଣ୍ଡଳୀର ସମତଳ ସହିତ ସମକୋଣରେ ଗୋଟିଏ ଆଲୁମିନିୟମ ସୂଚକ କଣ୍ଟା (Pointer) ଲାଗିଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ଫଳରେ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଯେତେବେଳେ ଘୂରେ, ସେତେବେଳେ ସୂଚକଟି ଗୋଟିଏ ଅଂଶାଙ୍କିତ ସ୍କେଲ ଉପରେ ଚାଳିତ ହୁଏ । କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଘୂରିବା ବେଳେ ସ୍ପ୍ରିଂ ଦୁଇଟି ମୋଡ଼ିହୋଇଯାଏ ଓ ଫଳରେ ଗୋଟିଏ ବିଯୁଗ୍ମବଳ-ଯୁଗଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହି ବିଯୁଗ୍ମବଳ-ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ବିକ୍ଷେପକ-ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ସହିତ ସମାନ ହେଲେ, କୁଣ୍ଡଳୀଟି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ସ୍ଥିର ରହେ ଏବଂ ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ଅଂଶାଙ୍କିତ ସ୍କେଲ ଉପରେ ସୂଚକ କଣ୍ଟାର ଅବସ୍ଥାନ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ ସୂଚାଇଦିଏ ।

14·9 ଇନ୍ଥୋଭେନ ତାର ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର (Einthoven string Galvanometer) :

ଏହା ଏକ ସୁଗ୍ରାହୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ U-ଆକାରର ଗୋଟିଏ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇ ମେରୁ N ଓ S ମଧ୍ୟରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 14.14) ଗୋଟିଏ ରଜତଯୁକ୍ତ (Silvered) କ୍ୱାର୍ଜ ତାର ଭୂଲମ୍ବ ଭାବରେ ଥାଏ । ଏହି ତାର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ଫଳରେ ତାହାର ଯେଉଁ ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ, ତାହା ଗୋଟିଏ ଅଣୁବୀକ୍ଷଣ ଯନ୍ତ୍ର M ସାହାଯ୍ୟରେ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ 10^{-12} ଏମ୍ପିୟରର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର ତାରଟି ଖୁବ୍ ହାଲୁକା ହୋଇଥିବାରୁ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଏହାଦ୍ୱାରା ଖୁବ୍ ଉତ୍ତମରୂପେ ସୂଚିତ ହୁଏ । ଏହା ସାଧାରଣତଃ ହୃତ୍‌ସ୍ପନ୍ଦନମାପକ ଯନ୍ତ୍ର ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

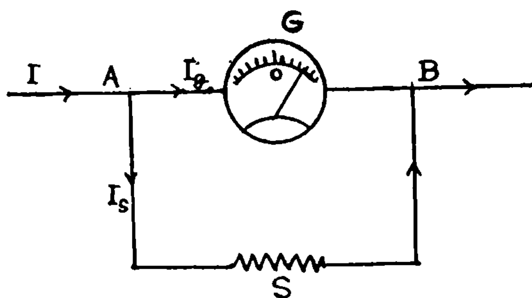


(ଚିତ୍ର ନଂ 14.14) [ଇନ୍ଥୋଭେନ୍ ତାର ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର]

14·10 ସଣ୍ଟ୍ (Shunt) :

କୌଣସି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥରେ ସଂଯୁକ୍ତ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ଯେପରି ପ୍ରବଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ନ ହୁଏ, ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦେବା ଆବଶ୍ୟକ; କାରଣ ପ୍ରବଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ଫଳରେ ଯନ୍ତ୍ରର ସୂକ୍ଷ୍ମ ତନ୍ତୁଟି ନଷ୍ଟ ହୋଇଯାଇପାରେ । ସେଥିପାଇଁ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଅଳ୍ପ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତାର

ସଂଯୋଗ କରାଯାଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ତାରଟି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସମାନ୍ତର-ଭୁକ୍ତ ହୁଏ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ଏକ ବିକଳ୍ପ ପଥ ଯୋଗାଏ । ଯନ୍ତ୍ର ସହିତ ସମାନ୍ତରଭୁକ୍ତ ଏହି ତାରକୁ **ସଣ୍ଟ୍** କୁହାଯାଏ ଏହାର ରୋଧ କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ମୂଳ ପ୍ରବାହ-ମାତ୍ରାର ଏକ ବିଶିଷ୍ଟ ଅଂଶ ଏହା ମଧ୍ୟଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ଫଳରେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ ପାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 14.15) [ସଣ୍ଟ୍]

ଚିତ୍ର ନଂ 14.15ରେ ଗୋଟିଏ ସଣ୍ଟ୍ S ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର Gର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ-ବିନ୍ଦୁ A ଓ B ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ମନେକର,

G = ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ରୋଧ

S = ସଣ୍ଟ୍‌ର ରୋଧ

I = ମୂଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

I_g = ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

I_s = ସଣ୍ଟ୍‌ରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

ଏଠାରେ, $I = I_g + I_s$

ଏବଂ $I_g G = I_s S$

କିମ୍ବା $\dfrac{I_g}{I_s} = \dfrac{S}{G}$

କିମ୍ବା $\dfrac{I_g + I_s}{I_s} = \dfrac{I}{I_s} = \dfrac{S+G}{G}$

$$\therefore \; I_s = \frac{G}{S+G} \times I$$

ଏବଂ $I_g = \dfrac{S}{S+G} \times I$ ... ... (14.8)

ସୁତରାଂ ମୂଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର $\frac{S}{S+G}$ ଅଂଶ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ଅବଶିଷ୍ଟାଂଶ ସଣ୍ଟ ମଧ୍ୟଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ।

ପୁନଶ୍ଚ $I = I_g \times \frac{S+G}{S} = nI_g$

ଏଠାରେ nକୁ $\left(=\frac{S+G}{S}\right)$ ସଣ୍ଟର **ଗୁଣକ କ୍ଷମତା** (Multiplying Power) କୁହାଯାଏ ।

ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ଯଦି ମୂଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର $\frac{1}{n}$ ଅଂଶ ପ୍ରବାହ କରାଇବାକୁ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$\frac{I_g}{I} = \frac{1}{n} = \frac{S}{S+G}$$

କିମ୍ବା $S = \frac{G}{(n-1)}$ .... (14.9)

ତେଣୁ ଏଠାରେ ସଣ୍ଟର ରୋଧ, ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍ ରୋଧର $\frac{1}{n-1}$ ହେବା ଦରକାର ।

ଉପରୋକ୍ତ ବର୍ଣ୍ଣନାରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ, ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିମାଣ ହ୍ରାସ କରିବାକୁ ହେଲେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମାନର ସଣ୍ଟ ବ୍ୟବହାର କରିବାକୁ ହେବ ଓ ଏହିସବୁ ସଣ୍ଟର ମାନ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ରୋଧ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ; ତେଣୁ ସଣ୍ଟର ଗୋଟିଏ ସମୁଚ୍ଚୟ (Set) ବିଭିନ୍ନ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ରେ ବ୍ୟବହାର କରିବା ମଧ୍ୟ ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ।

ପୁନଶ୍ଚ, ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ କରିବା ପାଇଁ ତାହା ସହିତ ସଣ୍ଟ ସମାନ୍ତରଭୁକ୍ତ କରିବାବେଳେ ପରିପଥର ମୋଟ ରୋଧ ହ୍ରାସ ପାଏ ଓ ଫଳରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିପାଏ; ତେଣୁ ଏହାଦ୍ୱାରା ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବିଶେଷ ହ୍ରାସ ପାଇ ନ ପାରେ ।

ସଣ୍ଟ୍ ସଂଯୋଗ କରିବା ଦ୍ୱାରା ପରିପଥରେ

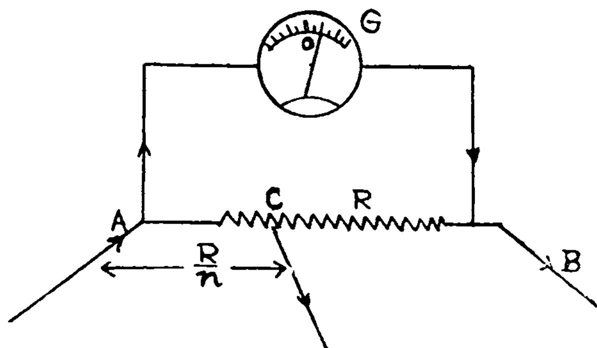
ରୋଧର ହ୍ରାସ ପରିମାଣ $= \left(G - \frac{GS}{G+S} \right)$

ତେଣୁ ସଣ୍ଟ୍ ସଂଯୋଗ କରିବାବେଳେ ପ୍ରଧାନ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ ହେବାପାଇଁ $\left(G - \frac{GS}{G+S} \right)$ ମାନର ରୋଧ ପ୍ରଧାନ ପରିପଥରେ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ଏହିସବୁ ଅସୁବିଧା ଦୂର କରିବା ପାଇଁ ଅର୍ଥାତ୍ ଯେକୌଣସି ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରର ସହିତ ବ୍ୟବହାର ଉପଯୋଗୀ ଓ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରଖୁଥିବା ଏକ **ସାର୍ବଜନୀନ ସଣ୍ଟ୍** (Universal Shunt) ଆୟର୍ଟନ୍ ଓ ମାଥେର୍ (Ayrton and Mather) ଉଦ୍ଭାବନ କରିଛନ୍ତି । ଏହି ସଣ୍ଟ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ ମଧ୍ୟରେ ମୂଳପ୍ରବାହର $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$, $\frac{1}{1000}$ ଇତ୍ୟାଦି ଅଂଶ ପ୍ରବାହ କରାଯାଇପାରେ ।

14·11 ସାର୍ବଜନୀନ ସଣ୍ଟ୍ (Universal Shunt) :

କାର୍ଯ୍ୟନୀତି :—ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର G ଉଚ୍ଚମାନ ରୋଧ R ବିଶିଷ୍ଟ (ଚିତ୍ର



(ଚିତ୍ର ନଂ 14·16)

ନଂ 14.16) ଏକ ତାର AB ସହିତ ସମାନ୍ତରଭୁକ୍ତ । ଯଦି ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I, A ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରବେଶ କରେ ଓ B ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରସ୍ଥାନ କରେ, ତାହାହେଲେ

$$I_g = \frac{R}{G+R} \times I \qquad \cdots \qquad \cdots (14{\cdot}10)$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ପ୍ରବାହ ଯଦି B ବିନ୍ଦୁ ପରିବର୍ତ୍ତେ C ବିନ୍ଦୁରେ ପ୍ରସ୍ଥାନ କରେ ଓ ACର ରୋଧ $\frac{R}{n}$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ $\frac{R}{n}$ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ପଥ AC ଓ $\left(G+R-\frac{R}{n}\right)$ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ପଥ $AGBC$ ପରସ୍ପର ସମାନ୍ତରାଭିମୁଖ ହେବେ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ—

$$I_g = \frac{\frac{R}{n}}{\left(\frac{R}{n}\right)+\left(G+R-\frac{R}{n}\right)} \times I = \frac{1}{n} \times \frac{R}{G+R} \times I \qquad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \ (14.11)$$

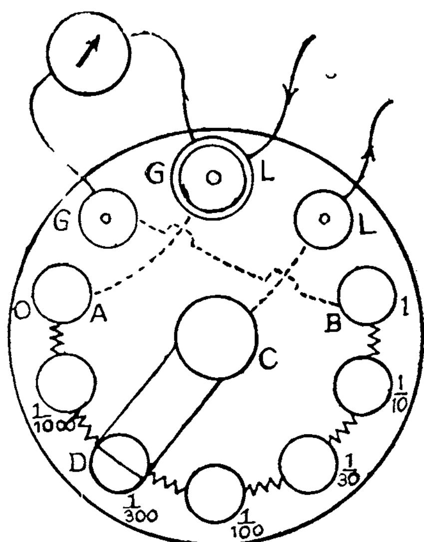
ସମୀକରଣ (14.10) ଓ 14.11)କୁ ତୁଳନା କଲେ ଜଣାଯାଏ ଯେ ମୂଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ସ୍ଥିର ଥିବାବେଳେ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ ମଧ୍ୟରେ ନୂତନ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପୂର୍ବ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର $\frac{1}{n}$ ଗୁଣ । ପ୍ରସ୍ଥାନ ବିନ୍ଦୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେବାଦ୍ୱାରା ପରିପଥର ମୋଟ ରୋଧ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ; ତେଣୁ ପରିପଥର ମୋଟ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମଧ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ପରିପଥର ମୂଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରଖିବା ପାଇଁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସର୍ତ୍ତ ପୂରଣ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ—

ପ୍ରସ୍ଥାନ ବିନ୍ଦୁ Bରୁ Cକୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେଲେ ପରିପଥର ରୋଧ

$$\frac{GR}{G+R} \text{ ରୁ } \frac{R}{n}\left(\frac{G+R-\frac{R}{n}}{G+R}\right)$$

କୁ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ, ମୂଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରହିବା ପାଇଁ ଏହି ଦୁଇ ରୋଧ ସମାନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଅର୍ଥାତ୍

$$\frac{GR}{G+R} = \frac{R}{n}\left(\frac{G+R-\frac{R}{n}}{G+R}\right)$$



ବିଶ୍ୱ ସଣ୍ଟବାକ୍ସ

(ଚିତ୍ର ନଂ 14.17) [ଆୟିର୍ଟନ୍ଙ୍କ ସାର୍ବଜନିକ ସଣ୍ଟ]

କିମ୍ବା $G = \frac{1}{n}\left(G + R - \frac{R}{n}\right)$

କିମ୍ବା $G + R - \frac{R}{n} = nG$

କିମ୍ବା $R = nG$

ସୁତରାଂ ମୂଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରହିବା ପାଇଁ ସଣ୍ଟର ରୋଧ ଗାଲଭାନୋମିଟରର ରୋଧର n ଗୁଣ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

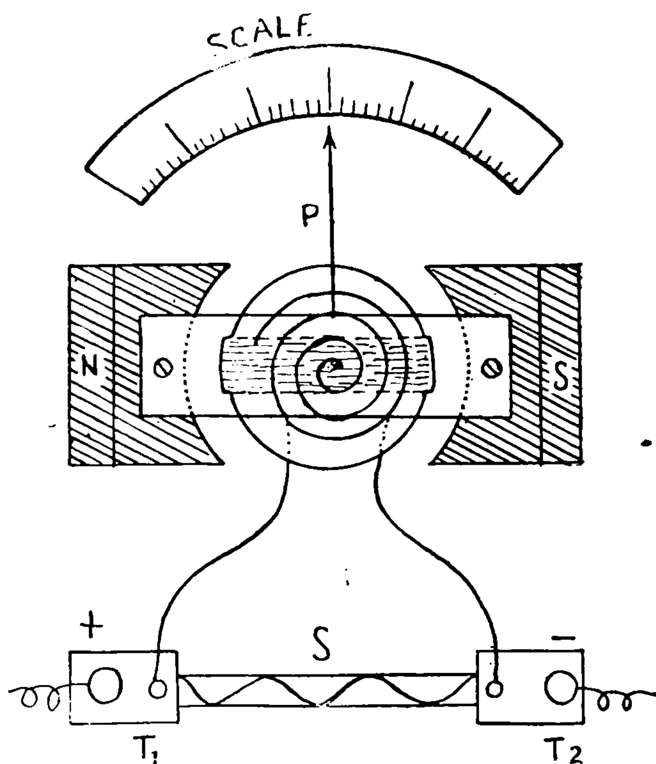
ଏହି ଗୀତରେ ଆୟିର୍ଟନ୍ ଓ ମାଥେର୍‌ଙ୍କ ସାର୍ବଜନିକ ସଣ୍ଟ୍ ନିର୍ମିତ । ଏହି ସଣ୍ଟର ଏକ ରେଖାଚିତ୍ର (Diagram) ଚିତ୍ର ନଂ 14.17ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ Cର ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥାନ ପାଇଁ $n = 1, 10, 1000$ ଇତ୍ୟାଦି କରିବାର ବ୍ୟବସ୍ଥା ଥାଏ । ଗାଲଭାନୋମିଟର୍‌କୁ GG ମଧ୍ୟରେ ଓ ପରିପଥକୁ LL ମଧ୍ୟରେ ସଂଯୋଗ କରାଯାଏ । ଘୂର୍ଣ୍ଣନଶୀଳ C ବାହୁକୁ ଘୂରାଇ ଅବସ୍ଥାନ 1 ସହିତ ସଂଯୋଗ କଲେ ଗାଲଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଅବସ୍ଥାନ $\frac{1}{3}, \frac{1}{10}, \frac{1}{100}$ ଓ ଇତ୍ୟାଦି ସହିତ ସଂଯୋଗ କଲେ, ଗାଲଭାନୋମିଟର୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଥମ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ଯଥାକ୍ରମେ $\frac{1}{3}, \frac{1}{10}, \frac{1}{100}$ ଇତ୍ୟାଦି ଅଂଶ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ।

ଚିତ୍ର ନଂ14·17ର (LG) ବିନ୍ଦୁ ଓ ଘୂର୍ଣ୍ଣନଶୀଳ ବାହୁ Cର ଅଗ୍ରଭାଗ ଯଥାକ୍ରମେ ଚିତ୍ର ନଂ 14.16ର A ବିନ୍ଦୁ ଓ C ବିନ୍ଦୁର ଅନୁରୂପ ।

14·12 ସରଳ ପ୍ରବାହ ଏମିଟର୍ (D· C· Ammeter) :

ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଏମ୍ପିୟର୍ କିମ୍ବା ତାହାର ଦଶମିକ ଅଂଶରେ ସରଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସିଧା ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର ଗଠନ ପ୍ରଧାନତଃ ଗୋଟିଏ ଚଳନକ୍ଷମ କୋଇଲ୍ ଗାଲଭାନୋମିଟରର ସଦୃଶ; ଏଠାରେ କେବଳ କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୁଇ ଶେଷପ୍ରାନ୍ତ A ଓ B (ଚିତ୍ର ନଂ 14.18) ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ନିମ୍ନମାନର ରୋଧ S (ସଣ୍ଟ୍) ସମାନ୍ତରଭାବେ ହୋଇଥାଏ । ଏହା ଫଳରେ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହିତ ମୋଟ ପ୍ରବାହର ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କ୍ଷୁଦ୍ର ଅଂଶ ଏମିଟର୍ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଂଶ ସଣ୍ଟ S ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଏ । ଫଳରେ ଅତିରିକ୍ତ ପ୍ରବାହ ଯୋଗୁ କୁଣ୍ଡଳୀ ତାର ପୋଡ଼ିଯିବାର ସମ୍ଭାବନା ନ ଥାଏ । କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଆଂଶିକ ପ୍ରବାହ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ଅନ୍ୟ ଉପାୟରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଜାଣି ସୂଚକର ଅବସ୍ଥାନଦ୍ୱାରା ଯନ୍ତ୍ରର ସ୍କେଲକୁ ଅଂଶାଙ୍କିତ କରାଯାଇ-ଥାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରକୁ ପରିପଥର ରୋଧ ସହିତ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ ଥିବା

କୁଣ୍ଡଳୀର ରୋଧ ଥିବାରୁ ଏହାକୁ ପରିପଥରେ ସଂଯୁକ୍ତ କରିବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଯେଉଁ ପ୍ରବାହ ମାପ କରିବାର କଥା, ତାହା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଯାଏ; ତେଣୁ ପ୍ରବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ



(ଚିତ୍ର ନଂ 14.18) [ଏମିଟର୍]

ଯେପରି ନ୍ୟୂନତମ ହୁଏ ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟିଦେବା ଆବଶ୍ୟକ । ସେଥିପାଇଁ ଏମିଟର୍‌ର ରୋଧ, ପରିପଥରେ ଥିବା ମୋଟ ରୋଧର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ରାଂଶ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ସଣ୍ଟ୍‌ର ରୋଧ :—

ମନେକର, S = ସଣ୍ଟ୍‌ର ରୋଧ

R_0 = କୁଣ୍ଡଳୀର ରୋଧ

I = ମୂଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

I_0 = କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

I_s = ସଣ୍ଟ୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

$$\therefore \; I = I_c + I_s$$

ଏବଂ $I_c R_c = I_s S$

$$\therefore \; \frac{I_c}{I_s} = \frac{S}{R_c} \text{ କିମ୍ବା } \frac{I_c + I_s}{I_s} = \frac{S + R_c}{R_c}$$

କିମ୍ବା $I_s = \dfrac{I R_c}{S + R_c}$

ସେହିପରି $I_c = \dfrac{I S}{R_c + S}$ .... (14·12)

$$S = \frac{I_c R_c}{I_s} = \frac{I_c R_c}{I - I_c} = \frac{1}{\frac{I}{I_c} - 1} \times R_c \quad \cdots \quad (14{\cdot}13)$$

ଏଠାରେ $\dfrac{I}{I_c}$ କୁ ଗୁଣକ କ୍ଷମତା (Multiplying Power) କୁହାଯାଏ ।

ଉଦାହରଣ ( )—ଗୋଟିଏ ବହନକ୍ଷମ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରରେ 2 mA ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ତାହାର ପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍କେଲ ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ । ଯଦି ଗାଲଭାନୋମିଟର କୁଣ୍ଡଳୀର ରୋଧ 10 ଓମ୍ ହୁଏ ତାହାହେଲେ କିପରି ଏହାକୁ 5 ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ ମାପ କରିବା ପାଇଁ ଏକ ଏମିଟର୍‌କୁ ରୂପାନ୍ତରିତ କରାଯିବ ?

ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରକୁ ଏମିଟର୍ ଭାବରେ ବ୍ୟବହାର କରିବାକୁ ହେଲେ, ତାହାର ଦୁଇ ଶେଷ ପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ସଣ୍ଟ୍ ସଂଯୁକ୍ତ କରିବାକୁ ହେବ ।

ଏଠାରେ $I_c = .002$ ଏମ୍ପିୟର

$I = 5$ ଏମ୍ପିୟର

$R_c = 10$ ଓମ୍

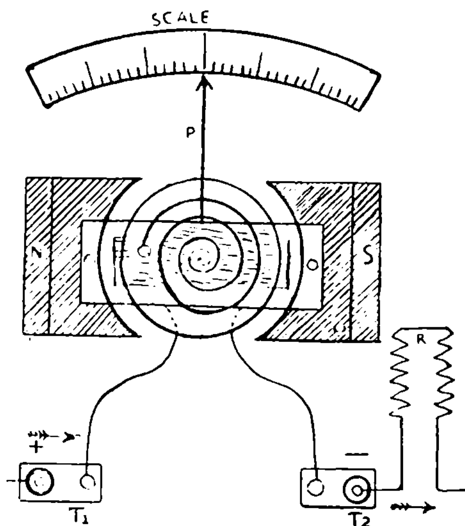
$S = ?$

$$S = \frac{I_c R_c}{I - I_c} = \frac{.002 \times 10}{5 - .002} = \frac{.02}{4{\cdot}998} = \frac{20}{4998} = \frac{10}{2499}$$

$$= 0.004\,\Omega \quad \text{(ଉ)}$$

14.13 ସରଳ ପ୍ରବାହ ଭୋଲ୍ଟମିଟର (D. C. Voltmeter) :

ଭୋଲ୍ଟମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥର କୌଣସି ଦୁଇବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ଭୋଲ୍ଟ କମ୍ବା ତାହାର ଦଶମିକ ଅଂଶରେ ସିଧା ଓ ଶୀଘ୍ର ମାପ କରାଯାଏ । ଏମିଟର ପରି ଏହା ମଧ୍ୟ ଗଠନରେ ଗୋଟିଏ ବହନକ୍ଷମ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲଭାନୋମିଟର ସଦୃଶ । ପରିପଥର ଯେଉଁ ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ମାପ କରିବାକୁ ହୁଏ ସେହି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁକୁ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର ଦୁଇ ଶେଷାଗ୍ର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଏହା-ଫଳରେ ପରିପଥର ରୋଧ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀରରୋଧ ସମାନ୍ତର ଭୁକ୍ତ ହୁଏ । ଯନ୍ତ୍ରଟି ପରିପଥରେ ସନ୍ନିବିଷ୍ଟ (Insert) ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ପରିପଥର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ତଥା ପରିମେୟ ବିଭବାନ୍ତରର ଯେପରି କୌଣସି ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ ନ ହୁଏ, ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟିଦେବା ଆବଶ୍ୟକ । ସେଥିପାଇଁ ଯନ୍ତ୍ର ଭିତରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 14.19) ଗୋଟିଏ ଉଚ୍ଚମାନର ରୋଧ R କୁଣ୍ଡଳୀ ତାର ସହିତ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ ଓ ଫଳରେ ଯନ୍ତ୍ରର କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ଖୁବ୍ ଏକ କ୍ଷୀଣ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଏହି ରୋଧ Rକୁ ଗୁଣକ (Multiplier) କହନ୍ତି । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର ସ୍କେଲଟିକୁ ଜଣାଥିବା ବିଭବାନ୍ତର ସହିତ ତୁଳନା କରି ପୂର୍ବରୁ ଅଂଶାଙ୍କିତ କରାଯାଇଥାଏ ।



ଭୋଲ୍ଟ ମିଟର (ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ)

(ଚିତ୍ର ନଂ 14.19) [ଭୋଲଟମିଟର]

ଭୋଲ୍ଟମିଟରର ଭୋଲ୍ଟ ମାପ କରିବାର ପରିସର (Range) ନିମ୍ନଲିଖିତ ଉପାୟରେ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇପାରେ ।

ମନେକର, I_c = କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

R_c = କୁଣ୍ଡଳୀର ରୋଧ

R = କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ରୋଧ

Rv = ଭୋଲ୍ଟମିଟରର ମୋଟ ରୋଧ = $R_c + R$

$V = A$ ଓ D ମଧ୍ୟରେ ସର୍ବାଧିକ ବିଭବାନ୍ତର
(ଯାହାପାଇଁ ଯନ୍ତ୍ରଟି ଅଂଶାଙ୍କିତ ହୋଇଛି)

ଏଠାରେ $$I_c + \frac{V}{R_c + R} = \frac{V}{R_v} \quad \cdots \quad (14.14)$$

$$\therefore R = \frac{V}{I_c} - R_c \quad .... \quad .... \quad (14.15)$$

ସୁତରାଂ ଯଦି I_c ଓ R_c ଜଣାଥାଏ, ତାହାହେଲେ ଯନ୍ତ୍ରଟି ଯେଉଁ ସର୍ବାଧିକ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ ପାଇଁ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ, ତାହା ଜାଣି ଗୁଣକ Rର ମୂଲ୍ୟାଙ୍କନ କରାଯାଇପାରେ ।

ଭୋଲ୍‌ଟମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ପ୍ରବାହ I_cକୁ ସ୍ଥିର ରଖି ଯଦି Vର ପରିସର n ଗୁଣ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ସମୀକରଣ (14.14)ରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ, $(R_c + R)$କୁ n ଗୁଣ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ହେବ । ଏଠାରେ nକୁ ଭୋଲ୍‌ଟମିଟରର **ଗୁଣକ ରାଶି** (Multiplying Factor) କୁହାଯାଏ ।

$$\therefore I_c = \frac{nV}{n(R_c + R)} = \frac{nV}{nR_v}$$

କିମ୍ବା $$\frac{nV}{I_c} = nR_v = R_v + (n-1)R_v \quad \cdots \quad (14.16)$$

ସୁତରାଂ ଭୋଲ୍‌ଟମିଟରର Vର ପରିସର n ଗୁଣ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ହେଲେ, ଭୋଲ୍‌ଟମିଟର ମୋଟ ରୋଧ R_v ସହିତ ତାହାର $(n - 1)$ ଗୁଣ ଅତିରିକ୍ତ ରୋଧ, ଅର୍ଥାତ୍ $(n-1)R_v$ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରିବାକୁ ହେବ ।

ଉଦାହରଣ (1)—ଗୋଟିଏ ବହନକ୍ଷମ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରରେ $5mA$ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ସେଥିରେ ପୂର୍ଣ୍ଣସ୍କେଲ ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ । ଯଦି ଗାଲଭାନୋମିଟରର ରୋଧ 10 ଓମ୍ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ କିପରି ଏହାକୁ 5 ଭୋଲଟ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବିଭବାନ୍ତର ମାପ କରିବାପାଇଁ ଏକ ଭୋଲଟମିଟରକୁ ରୂପାନ୍ତରିତ କରାଯିବ ?

ଗାଲଭାନୋମିଟରକୁ ଭୋଲଟମିଟରରେ ପରିଣତ କରିବାକୁ ହେଲେ ତାହା ସହିତ ଶ୍ରେଣୀ ସହିତ ଗୋଟିଏ ରୋଧ R ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଏ ।

ଏଠାରେ $R_e = 10$ ଓମ୍

$I_e = .035$ ଏମ୍ପିୟର

$V = 5$ ଭୋଲ୍ଟ

$I_e = \frac{V}{R_e + R}$ କମ୍ବା $.005\,(10 + R) = 5$

କମ୍ବା $5(10 + R) = 5000$

କମ୍ବା $5R = 4950$

$\therefore\ R = 990$ ଓମ

ସୁତରାଂ ଗାଲଭାନୋମିଟର କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ୨୨୦ ଓମ୍ ରୋଧଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାହେବ ।

14·14 ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲଭାନୋମିଟର (Ballistic Galvanometers) :

ସାଧାରଣ ଗାଲଭାନୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମାପ କରାଯାଏ; କିନ୍ତୁ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲଭାନୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ କ୍ଷଣିକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା (ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ପ୍ରବାହ ପରିବର୍ତ୍ତେ) ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେଉଥିବା ମୋଟ ଚାର୍ଜ ମାପ କରାଯାଏ । ଗୋଟିଏ ଧାରକକୁ ଗାଲଭାନୋମିଟର କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ବିସର୍ଜନ କଲେ (Discarge) କ୍ଷଣକ ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଯଦି dt ସମୟରେ dq ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ;

$dq = i\,dt$; [i = ପ୍ରବାହମାତ୍ରା]

ତେଣୁ (ଅଳ୍ପ ସମୟ) t ସମୟରେ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେଉଥିବା ମୋଟ ଚାର୍ଜ

$$q = \int dq = \int_0^t i\,dt$$

ଏହି ଚାର୍ଜ ମାପ କରିବାକୁ ହେଲେ, ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ନିର୍ମାଣକୌଶଳ ଏପରି ହେବା ଦରକାର ଯେପରି କି (1) ତାହାର ଦୋଳନ କାଳ (Time period) ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହ ସମୟ ତୁଳନାରେ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ହେବ ଅର୍ଥାତ୍ ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଚଳନଶୀଳ ବ୍ୟବସ୍ଥା (Moving system of Galvanometer) ଯେଉଁ ଆବେଗ (Impulse) ପାଏ, ତାହା ଯେପରି ଚଳନଶୀଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥା ରେ ଘଟେ ଓ ଚଳନଶୀଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟି ତାହାର ଶୂନ୍ୟ ଅବସ୍ଥାନରୁ ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହେବା

ପୂର୍ବରୁ ଯେପରି ସ୍ଫୁର୍ଜ ପ୍ରବାହ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ । ଏହି ପରିସ୍ଥିତରେ ଆବେଗ ଯୋଗୁଁ (ସ୍ଫୁର୍ଜପ୍ରବାହ ବନ୍ଦ ହେବା ପରେ) ଚଳନଶୀଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିର ଯେଉଁ ମନ୍ଦନବିହୀନ (Undamped) ପ୍ରଥମ ବିକ୍ଷେପ (First throw) ହୁଏ, ତାହା ସ୍ଫୁର୍ଜ ନିର୍ଣ୍ଣୟ ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ ମନ୍ଦନ ଦ୍ୱାରା ବିଶେଷ ହ୍ରାସପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ, ତେଣୁ (ii) ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଚଳନଶୀଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ମନ୍ଦନ (Damping) ସର୍ବନିମ୍ନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ ଦୁଇ ପ୍ରକାର, ଯଥା :—(i) ଚଳଚୁମ୍ବକ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ ଓ (ii) ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ।

(i) **ଦୋଳନ କାଳ** (Time period): ଚଳଚୁମ୍ବକ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଦୋଳନ କାଳ

$$T=2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}}$$, (I = ଚଳନଶୀଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ)

ତେଣୁ ଏହି ଜାତୀୟ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଦୋଳନକାଳ ଅଧିକ ହେବା ପାଇଁ ତାହାର ଚଳନଶୀଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (Moment of inertia) ଅଧିକ ଓ ନିୟନ୍ତ୍ରକ-ଯୁଗଳର (Controlling Couple) ମାନ ନ୍ୟୂନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଜାତୀୟ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଦୋଳନ କାଳ—

$$T=2\pi\sqrt{\frac{I}{C}}$$

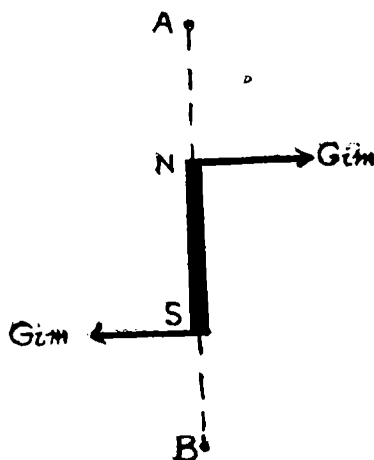
ତେଣୁ ଏହି ଜାତୀୟ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଦୋଳନକାଳ ଅଧିକ ହେବା ପାଇଁ ତାହାର ଚଳନଶୀଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ I ଅଧିକ ଓ ଏକକ ମୋଡ଼ନ ପାଇଁ ନିୟନ୍ତ୍ରକ ଯୁଗଳ Cର ମାନ ନ୍ୟୂନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

(ii) **ମନ୍ଦନ** (Damping) :—ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ମନ୍ଦନ ଦୁଇଟି କାରଣ ଯୋଗୁଁ ଘଟିଥାଏ, ଯଥା :–(a) ଘୂର୍ଣ୍ଣି ପ୍ରବାହ ଓ (b) ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମର ମନ୍ଦନ । ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର କୁଣ୍ଡଳୀ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀ ଯେଉଁ ହାଲୁକା ଧାତୁର ଫ୍ରେମ୍ ଉପରେ ଗୁଡ଼ାହୋଇଥାଏ ସେ ଦ୍ୱୟ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଘୂରିଲେ, ସେଥିରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣି ପ୍ରବାହ (Eddy Current) ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଓ ଫଳରେ ଏକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ । ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ପ୍ରଭାବକୁ ହ୍ରାସ କରେ ଓ ଫଳରେ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଦୋଳନ ଅବରୁଦ୍ଧ ହୁଏ ; ତେଣୁ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ କାଠ,

ବାଉଁଶ କମ୍ବା ଇବୋନାଇଟ୍ ପ୍ରଭୃତି କୌଣସି ଅପରିବାହୀ ନିର୍ମିତ ଫ୍ରେମ୍ ଉପରେ ଗୁଡ଼ାଇ ପ୍ରତିଘାତ ଜନିତ ମନ୍ଦନକୁ ହ୍ରାସ କରଯାଏ । କିନ୍ତୁ ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମ ଜନିତ ମନ୍ଦନକୁ ହ୍ରାସ କରିବାର କୌଣସି ବ୍ୟବସ୍ଥା ନ କରି ତାହା ପରିବର୍ତ୍ତେ କୁଣ୍ଡଳୀର କ୍ରମାନ୍ୱୟ (Successive) ବିକ୍ଷେପର ମାନରୁ ଲଗାରିଥ୍‌ମୀୟ (Logarithmic Decrement) ହ୍ରାସ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ତାହା ସଂଶୋଧନ (Correction) କରାଯାଏ ।

14·15 ଚଳଚୁମ୍ବକ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର (Moving magnet Ballistic Galvanometer) :

ମନେକର AB (ଚିତ୍ର ନଂ 14·20) ଚଳଚୁମ୍ବକ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭେନୋମିଟର୍‌ର କୁଣ୍ଡଳୀ ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ i ବି. ଚୁ. ଏ. ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଅଛି । ଯଦି ଏକକ ପ୍ରବାହ ପାଇଁ କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା G ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ପ୍ରବାହ i ପାଇଁ ତୀବ୍ରତା $=Gi$ । ମନେକର କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଝୁଲୁଥିବା ଚୁମ୍ବକର ମେରୁପାବଲ୍ୟ m ; ତେଣୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ମେରୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ $= G\,i\,m$ । ଏହି ବଳ ଯଦି dt ସମୟ ପାଇଁ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ତାହାହେଲେ ତାହା ଚୁମ୍ବକକୁ ପ୍ରଦାନ କରୁଥିବା ଆବେଗ (impulse) $=G\,i\,m\,dt$ । ଯଦି t ସମୟ ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ମୋଟ ଆବେଗ



(ଚିତ୍ର ନଂ 14·20)

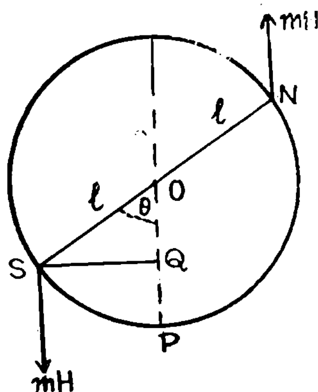
$$=\int_0^t G\,i\,m\,dt=Gm\int_0^t i\,dt=Gmq \cdots \quad \cdots(14{\cdot}17)$$

ଯଦି ଚୁମ୍ବକର ଅର୍ଦ୍ଧ ଚୁମ୍ବକୀୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ l ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ତାହାର କେନ୍ଦ୍ର ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଆବେଗର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $=Gmql$ ଏବଂ ଉଭୟ ମେରୁ ପାଇଁ ଆବେଗର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $=2ml\,Gq=MGq$ ... ... (14·18)

ଯଦି ଚଳନଶୀଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ I ହୁଏ ଓ ଚୁମ୍ବକଟି ସ୍ଥିର କୋଣୀୟ ପରବେଗ ω ସହିତ ଘୂରେ, ତାହାହେଲେ ଚୁମ୍ବକର କୋଣୀୟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ

$$I\omega = MGq \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (14{\cdot}19)$$

ଚୁମ୍ବକଟି ତାହାର ଶୂନ୍ୟ ଅବସ୍ଥାନରୁ (*Zero* position) ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟ ଘୂରିବା ପୂର୍ବରୁ ତାହାର ଆବେଗ ନିଃଶେଷ ହୋଇଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାନରେ ଚଳନଶୀଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଗତିଶକ୍ତି $= \frac{1}{2} I\omega^2$ । ଚୁମ୍ବକଟି ଏତିକିମାନ ଘୂରିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ; କିନ୍ତୁ ନିୟନ୍ତ୍ରକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଏହି ଘୂର୍ଣ୍ଣନକୁ ବାଧାଦିଏ । ତେଣୁ ଚୁମ୍ବକଟି ନିୟନ୍ତ୍ରକ କ୍ଷେତ୍ର ବିରୁଦ୍ଧରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରି ତାହାର ଶକ୍ତି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନିଃଶେଷ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଘୂରେ ଓ ପରିଶେଷରେ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥା ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 14·21)

ଏଠାରେ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ *H* ନିୟନ୍ତ୍ରକକ୍ଷେତ୍ର ଅଟେ ; ତେଣୁ ଚୁମ୍ବକର ମେରୁ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ $= mH$ । ଚୁମ୍ବକଟି ଯଦି θ_0 କୋଣ ଘୂରେ, ତାହାହେଲେ ତାହାର ପ୍ରତ୍ୟେକ ମେରୁ *PQ* ଦୂରତ୍ୱ (ଚିତ୍ର ନଂ 14·21) ସ୍ଥାପିତ ହେବ ଓ ପ୍ରତ୍ୟେକ ମେରୁ କରୁଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ

$$W = mH \times PQ$$
$$= mH\,(OP - OQ)$$
$$= mH\,(l - l\cos\theta_0)$$
$$= mHl\,(1 - \cos\theta_0)$$

ସୁତରାଂ ଉଭୟ ମେରୁ ଯେଉଁ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ, ତାହାର ମୋଟ ପରିମାଣ

$$W = 2\,mlH\,(1 - \cos\theta_0)$$
$$= MH\,(1 - \cos\theta_0) \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (14{\cdot}20)$$
$$\therefore \tfrac{1}{2} I\omega^2 = MH\,(1 - \cos\theta_0)$$

କିମ୍ବା $\omega^2 = \dfrac{2MH(1-\cos\theta_0)}{I} \quad \cdots\cdots \quad \cdots \quad \cdots\cdots (14{\cdot}21)$

କିନ୍ତୁ ସମୀକରଣ (14·19) ଅନୁଯାୟୀ

$$\omega^2 = \frac{M^2 G^2 q^2}{I^2} \quad \cdots \quad \cdots\cdots \quad \cdots \quad (14{\cdot}22)$$

∴ ସମୀକରଣ (14·21) ଓ (14·22) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\frac{M^2\ G^2\ q^2}{I^2}=\frac{2MH\ (1-\cos\theta_o)}{I}$$

କିମ୍ବା $q^2=\frac{I}{MH}\times\frac{4H^2}{G^2}\left(\frac{1-\cos\theta_o}{2}\right)$

କିମ୍ବା $q=\sqrt{\frac{I}{MH}}\times\frac{2H}{G}\times\sin\frac{\theta_o}{2}$ ... ... (14·23)

ଦୋଳନ କରୁଥିବା ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକର ଦୋଳନକାଳ

$$T=2\pi\sqrt{\frac{I}{MH}}$$

$\therefore\ \sqrt{\frac{I}{MH}}=\frac{T}{2\pi}$ .... (14·24)

$$\therefore\ q=\frac{T}{2\pi}\times\frac{2H}{G}\times\sin\frac{\theta_o}{2}$$

$$=\frac{H}{G}\times\frac{T}{\pi}\times\sin\frac{\theta_o}{2}$$

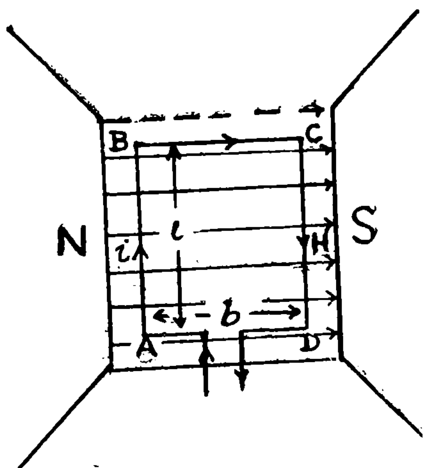
$=K\sin\frac{\theta_o}{2}$ ... . (14·25)

ଏଠାରେ $K=\frac{HT}{G\pi}$ ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଏବଂ ତାହାକୁ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର **ପ୍ରକ୍ଷେପ ଲଘୂକାରକ** (Ballistic reduction factor) କୁହାଯାଏ । ସୁତରାଂ ଚଳଚୁମ୍ବକ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ଗ୍ଧ୍ରର୍ଜ $\sin\frac{\theta}{2}$ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ (θ_o = ଚମ୍ବକର ବିକ୍ଷେପ କୋଣ) ।

14.16 ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର (Moving coil Ballistic Galvanometer) :

ଗଠନରେ ଏହା ଏକ ପ୍ରବାହମାପକ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ସଦୃଶ; କେବଳ ଏହାର କୁଣ୍ଡଳୀ, କାଚ, ବାଉଁଶ କମ୍ବା ଇବୋନାଇଟ୍ ପ୍ରଭୃତ କୌଣସି ଅପରିବାହୀ ପଦାର୍ଥର ଏକ ଫ୍ରେମ ଉପରେ ଗୁଡ଼ା ହୋଇଥାଏ ଓ ତାହାର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ (Moment of Inertia) ଅଧିକ କରାଯାଇଥାଏ ।

ମନେକର କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ i ବି:ଚୁ:ଏ: ପ୍ରବାହ (ଚିତ୍ର ନଂ 14.22) ପ୍ରବାହିତ ହେଉଅଛି । ଯଦି ଚୁମ୍ବକ-କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା $= H$ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ$= l$ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ବାହୁ AB ବା CD ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ$= iHl$ ଡାଇନ୍ । ଏହି ଉଭୟ ବଳର ଦିଗ ଫ୍ଲେମିଙ୍ଗଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ବିପରୀତ ହେବ ଏବଂ କୁଣ୍ଡଳୀ ଉପରେ ଏକ ଯୁଗଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 14.22)

ବାହୁ BC ବା AD ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମାନ୍ତର ; ତେଣୁ ସେମାନଙ୍କ ଉପରେ କୌଣସି ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ ନାହିଁ । ଯଦି dt ସମୟ ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ବଳର ଆବେଗ (Impulse)$= i\ Hl\ dt$ ଓ

$$\text{ମୋଟ ଆବେଗ} = \int_0^t i\ Hl\ dt = Hlq$$

∴ କୁଣ୍ଡଳୀର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ଅକ୍ଷ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଏହି ଆବେଗର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ

$= Hlq \times b;$ [$b =$ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରସ୍ଥ BC]

$= HAq;$ [$A =$ କୁଣ୍ଡଳୀର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $l \times b$]

କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଯଦି n ସଂଖ୍ୟକ ବେଢ଼ଥାଏ, ତାହାହେଲେ ଅକ୍ଷ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଆବେଗର ମୋଟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= nHAq$ ।

ମନେକର କୁଣ୍ଡଳୀର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= I$ ଓ କୋଣୀୟ ପରିବେଗ $= \omega$ । ∴ କୋଣୀୟ ସଂବେଗ (Angular Momentum) $= I\omega$; କିନ୍ତୁ ଅକ୍ଷ ଚତୁଃପାର୍ଶ୍ୱରେ ଆବେଗର ମୋଟ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $=$ କୁଣ୍ଡଳୀର କୋଣୀୟ ସଂବେଗ ।

$$\therefore \quad nHAq = I\omega \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (14{\cdot}26)$$

ଏଠାରେ କୁଣ୍ଡଳୀର ଗତିଶକ୍ତି $(K.E.) = \frac{1}{2}I\omega^2$ ଓ ତାହା କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଝୁଲାଇଥିବା ତନ୍ତୁକୁ (Fibre) θ_0 କୋଣ ମୋଡ଼ିବା ପରେ ନିଃଶେଷ ହୁଏ । ମନେକର ତନ୍ତୁର ଏକକ ମୋଡ଼ନ (Unit Twist) ପାଇଁ **ପୁନଃସ୍ଥାପକ ଯୁଗଳର** (Restoring Couple) ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ C । କୁଣ୍ଡଳୀଟି t ସମୟରେ ଯଦି θ କୋଣ ଘୂରେ, ତାହାହେଲେ ତନ୍ତୁଟି θ କୋଣ ମୋଡ଼ିହୋଇଯାଏ ଓ θ ମୋଡ଼ନ ପାଇଁ ପୁନଃସ୍ଥାପକ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ $= C\theta$ । ତନ୍ତୁଟି ଯଦି ଅଧିକନ୍ତୁ $d\theta$ ମୋଡ଼ିହୋଇଯାଏ ତାହାହେଲେ, ସେଥିପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ $= C\theta\, d\theta$ ।

ତେଣୁ ତନ୍ତୁଟିକୁ 0ରୁ θ_0 କୋଣ (θ_0 = ସର୍ବାଧିକ କୋଣୀୟ ବିସ୍ଥାପନ ମୋଡ଼ିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ—

$$= \int_0^{\theta_0} C\theta\, d\theta = \frac{1}{2}C\theta_0^2$$

$$\therefore \frac{1}{2}I\omega^2 = \frac{1}{2}C\theta_0^2$$

କିମ୍ବା $$\omega^2 = \frac{C\theta_0^2}{I} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots (14{\cdot}27)$$

କିନ୍ତୁ ସମୀକରଣ (14·26) ଅନୁଯାୟୀ

$$\omega^2 = \frac{n^2H^2A^2q^2}{I^2} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots (14{\cdot}28)$$

$$\therefore \frac{n^2H^2A^2q^2}{I^2} = \frac{C\theta_0^2}{I}$$

କିମ୍ବା $$q^2 = \frac{C}{n^2H^2A^2} \times I \times \theta_0^2$$

$$= \frac{C^2}{n^2H^2A^2} \times \frac{I}{C} \times \theta_0^2 \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots (14{\cdot}29)$$

କିନ୍ତୁ ଯଦି ଗୋଟିଏ ଦୋଳନଶୀଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାର ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ I ହୁଏ ଓ ଝୁଲିଥିବା ତନ୍ତୁର ଏକକ ମୋଡ଼ନ ପାଇଁ ପୁନଃସ୍ଥାପକ ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ C ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିର ଦୋଳନକାଳ—

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{C}}$$

$$\therefore \frac{I}{C} = \frac{T^2}{4\pi^2}$$

$\frac{I}{C}$ର ଏହି ମାନ ସମୀକରଣ (14·29)ରେ ବସାଇ

$$q^2 = \frac{C^2}{n^2 H^2 A^2} \times \frac{T^2}{4\pi^2} \times \theta_0^2$$

$$\therefore q = \frac{C}{nHA} \times \frac{T}{2\pi} \times \theta_0 \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots (14{\cdot}30)$$

$$= k \times \frac{T}{2\pi} \times \theta_0$$

$$= K\theta_0 \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (14{\cdot}31)$$

ଏଠାରେ $k = \frac{C}{nHA}$କୁ **ପ୍ରବାହ ଲଘୁକାରକ** (Current reduction Factor) ବା **ଉପଯୋଗାଙ୍କ** (Figure of Merit) କୁହାଯାଏ ଏବଂ $K = k\frac{T}{2\pi}$କୁ **ପ୍ରକ୍ଷେପ ଲଘୁକାରକ** (Ballistic reduction Factor) ବା **ପ୍ରକ୍ଷେପ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ** (Ballistic Constant) କୁହାଯାଏ ।

ସମୀକରଣ (14·31)ରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ, ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ଚାର୍ଜ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ପ୍ରଥମ ବିକ୍ଷେପ (First throw) ସହିତ ସମାନୁପାତୀ । ଏହି ପ୍ରଥମ ବିକ୍ଷେପକୁ ପ୍ରକ୍ଷେପ ବିକ୍ଷେପ (Ballistic throw) କୁହାଯାଏ ।

14·17 ମନ୍ଦନ ଓ ତାହାର ସଂଶୋଧନ (Damping and its Correction) :

ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ରେ ଚଳନଶୀଳ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିର ଯେଉଁ ଦୋଳନ ହୁଏ ତାହାକୁ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ (Simple Harmonic) ବୋଲି ବିବେଚନା କରାଯାଇଛି

ଓ ସମୀକରଣ (14·31)ରେ ବ୍ୟବହୃତ θ_0 କୁଣ୍ଡଳୀର ମନ୍ଦନବିହୀନ ସରଳଆବର୍ତ୍ତୀ ଗତିର ବିସ୍ତାର (Amplitude) ବା କୋଣାଙ୍କ ; କିନ୍ତୁ ବାସ୍ତବକ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହି ବିସ୍ତାର ମନ୍ଦନ ଯୋଗୁ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ରେ ଦୁଇଟି କାରଣ ଯୋଗୁ ଏହି ମନ୍ଦନ ଘଟେ, ଯଥା :—

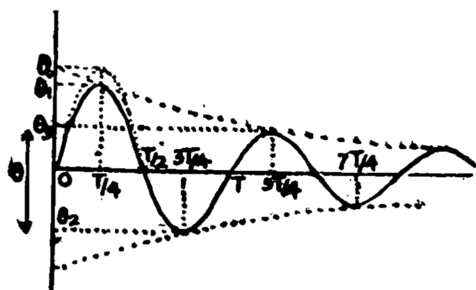
(i) ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମର ଘର୍ଷଣ ଯୋଗୁ (ଯାନ୍ତ୍ରିକ ମନ୍ଦନ)

(ii) କୁଣ୍ଡଳୀ ଓ ତାହାର ଫ୍ରେମ୍ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଦୋଳନ କରିବା-ବେଳେ ସେଥିରେ ପ୍ରେରିତ (Induced) ଘୂର୍ଣ୍ଣି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ (Eddy current) ଯୋଗୁ (ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ମନ୍ଦନ) ।

କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ସାଧାରଣତଃ କାଠ, ବାଉଁଶ କିମ୍ବା ଇବୋନାଇଟ ପ୍ରଭୃତି ଅପରିବାହୀ ପଦାର୍ଥର ଫ୍ରେମ୍‌ରେ ଗୁଡ଼ାଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମନ୍ଦନକୁ ଯଥେଷ୍ଟ ହ୍ରାସ କରାଯାଇଥାଏ ; କିନ୍ତୁ ଏହା ସତ୍ତ୍ୱେ ବାୟୁର ଘର୍ଷଣ ତଥା ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ କୁଣ୍ଡଳୀର କୋଣୀୟ ଗତିଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ବି. ଚୁ. ମନ୍ଦନ ହୁଏ, ସେଥିଯୋଗୁ ଦୋଳନର ପ୍ରସାର କ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଏହି ମନ୍ଦନ ଜନିତ ପ୍ରସାରର ହ୍ରାସ ପାଇଁ ସଂଶୋଧନ ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ ।

ମନ୍ଦନଦ୍ୱାରା ପ୍ରସାରର ହ୍ରାସ ଗ୍ରାଫ୍‌ଦ୍ୱାରା ଚିତ୍ର ନଂ 14·23ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ ବିସ୍ତାରର ହ୍ରାସ ଚରଘାତାଙ୍କୀ (Exponential decrease) ଓ ତାହାକୁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଗାଣିତିକ ସୂତ୍ରଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ—

$$\theta = \theta_0 e^{-bt} \sin \omega t \quad \ldots \quad (14\cdot32)$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 14·23)

ଏଠାରେ θ = ଯେକୌଣସି କ୍ଷଣ tରେ କୋଣୀୟ ବିସ୍ଥାପନ ବା ବିକ୍ଷେପ

θ_0 = ମନ୍ଦନବିହୀନ ସର୍ବାଧିକ କୋଣୀୟ ବିସ୍ଥାପନ

$\omega = \frac{2\pi}{T}$ = କୋଣୀୟ ପରିବେଗ

T = କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୋଳନ କାଳ

e^{-bt} = ମନ୍ଦନ କାରକ (Damping Factor)

b = ମନ୍ଦନ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ (Damping Constant)

ମନେକର θ_1, θ_2, θ_3, θ_4 ଇତ୍ୟାଦି କୁଣ୍ଡଳୀର କୋଣୀୟ ବିସ୍ଥାପନ θର ଉତ୍ତରୋତ୍ତର (Successive) ମାନ । କୁଣ୍ଡଳୀର ଶୂନ୍ୟ ଅବସ୍ଥାନରୁ ଯଦି ସମୟ ମାପ କରାଯାଏ, ତାହାହେଲେ $\frac{T}{4}$ ସମୟରେ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷିତ ପ୍ରଥମ କୋଣୀୟ ବିସ୍ଥାପନ ବା ବିକ୍ଷେପ—

$$\theta_1 = \theta_0 e^{\frac{-bT}{4}} \sin\frac{2\pi}{T} \times \frac{T}{4} = \theta_0 e^{\frac{-bT}{4}} \qquad \cdots \qquad (14{\cdot}33)$$

ଦ୍ୱିତୀୟ ବିକ୍ଷେପ θ_2, $\frac{3T}{4}$ ସମୟ ପରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ ଏବଂ

$$\theta_2 = \theta_0 e^{\frac{-3bT}{4}} \sin\frac{2\pi}{T} \times \frac{3T}{4} = \theta_0 e^{\frac{-3bT}{4}}$$

ସେହିପରି $\theta_3 = \theta_0 e^{\frac{-5bT}{4}} \sin\frac{2\pi}{T} \times \frac{5T}{4} = \theta_0 e^{\frac{-5bT}{4}}$

$$\theta_4 = \theta_0 e^{\frac{-7bT}{4}} \sin\frac{2\pi}{T} \times \frac{7T}{4} = \theta_0 e^{\frac{-7bT}{4}}$$

ସୁତରାଂ ପ୍ରତି ଉତ୍ତରୋତ୍ତର ବିକ୍ଷେପ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ କାଳ $\frac{T}{2}$ ରେ ଘଟେ । ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ—

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} = e^{\frac{bT}{2}}, \quad \frac{\theta_2}{\theta_3} = e^{\frac{bT}{2}}, \quad \frac{\theta_3}{\theta_4} = e^{\frac{bT}{2}}$$

$$\therefore \quad \frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{\theta_2}{\theta_3} = \frac{\theta_3}{\theta_4} = \quad \cdots \quad = e^{\frac{bT}{2}} = d$$

(ମନେକର) (14·34)

ଏଠାରେ d କୁ ଦୋଳନର **'ହ୍ରାସ'** (Decrement) ବା **ମନ୍ଦନ ଅନୁପାତ** (Damping Ratio) କୁହାଯାଏ ।

$$\text{ଏବଂ } \log_e\left(\frac{\theta_1}{\theta_2}\right)=\log_e\left(\frac{\theta_2}{\theta_3}\right)$$

$$=\frac{bT}{2}=\log_e d=\lambda \text{ (ମନେକର)} \quad \ldots\ldots \quad (14{\cdot}35)$$

ଏଠାରେ λ କୁ **ଲଗାରିଥ୍‌ମୀୟ ହ୍ରାସ** (Logarithmic Decrement) କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଉତ୍ତରୋତ୍ତର ବିକ୍ଷେପ θ_1, θ_2 ଇତ୍ୟାଦି ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରି ଏହାର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

$$\therefore\ d=e^{\lambda} \text{ ଏବଂ } \lambda=\frac{bT}{2}$$

ସମୀକରଣ (14·33) ସାହାଯ୍ୟରେ—

$$\theta_1=\theta_0 e^{\frac{-bT}{4}}=\theta_0 e^{\frac{-\lambda}{2}}$$

$$\therefore\quad \theta_0=\theta_1 e^{\frac{\lambda}{2}}=\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right) \quad \ldots\ldots \quad \ldots\ldots \quad (14{\cdot}36)$$

($\because$ λ ର ମାନ ଅଳ୍ପ)

ସୁତରାଂ ଚଳଚୁମ୍ବକ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରରେ θ_1 ଯଦି ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷିତ ପ୍ରଥମ ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$q=\frac{H}{G}\times\frac{T}{2\pi}\times\sin\frac{\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)}{2} \quad \ldots \quad (14{\cdot}37)$$

ସେହିପରି ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରରେ

$$\left.\begin{aligned} q&=\frac{C}{nHA}\times\frac{T}{2\pi}\times\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)\\ &=K\,\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)\end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (14.38)$$

14·18 ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରର ପ୍ରବାହ ସୁଗ୍ରାହିତା ଓ ଚାର୍ଜ ସୁଗ୍ରାହିତା (Current Sensitivity and Charge Sensitivity of moving coil Ballistic Galvanometer):

ପ୍ରବାହ ସୁଗ୍ରାହିତା—ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ଏକ ମାଇକ୍ରୋଏମ୍ପିୟର (10^{-6} ଏମ୍ପିୟର) ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଦର୍ପଣଠାରୁ 1 ମିଟର ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ ସ୍କେଲ ଉପରେ ମିଲିମିଟରରେ ପ୍ରକାଶିତ ବିକ୍ଷେପକୁ ଉକ୍ତ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରର **ମାଇକ୍ରୋ-ଏମ୍ପିୟର ସୁଗ୍ରାହିତା** କୁହାଯାଏ । ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରରେ

$$\text{ପ୍ରବାହ } i \text{ (ବି:ଚୁ:ଏ:)} = \frac{C}{nHA} \times \theta'_0$$

$$\therefore 10^{-7} \text{ ବି: ଚୁ: ଏ: } [=10^{-6} \text{ ଏମ୍ପିୟର}]$$

$$= \frac{C}{nHA} \times \frac{d'}{2 \times 1000}\ ; [d' = \text{ସ୍ଥିର ବିକ୍ଷେପ}]$$

[ଆଲୋକ ଓ ସ୍କେଲ ବ୍ୟବସ୍ଥାରେ ଦର୍ପଣଟି (ଅର୍ଥାତ୍ କୁଣ୍ଡଳୀଟି) ଯେଉଁ କୋଣରେ ଘୂରେ, ପ୍ରତିଫଳିତ ରଶ୍ମି ତାହାର ଦ୍ୱିଗୁଣ ଘୂରେ । ସେଥିପାଇଁ ଉପରୋକ୍ତ ସୂତ୍ରରେ ହରକୁ ଦ୍ୱିଗୁଣ କରାଯାଇଛି]

∴ ପ୍ରବାହ ସୁଗ୍ରାହିତା

$$S_i = \frac{d}{10^{-7}} = 2000 \times \frac{nHA}{C} \quad \dots \quad \dots \qquad (14.39)$$

ଚାର୍ଜ ସୁଗ୍ରାହିତା—ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ଏକ ମାଇକ୍ରୋକୁଲମ୍ ଚାର୍ଜ (10^{-6} କୁଲମ୍) ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଦର୍ପଣଠାରୁ 1 ମିଟର ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ ସ୍କେଲ ଉପରେ ମିଲିମିଟରରେ ପ୍ରକାଶିତ ବିକ୍ଷେପକୁ ଉକ୍ତ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରର **ଚାର୍ଜ ସୁଗ୍ରାହିତା** କୁହାଯାଏ । ଏଠାରେ

$$q = 10^{-7} \text{ ବି:ଚୁ:ଏ: ଚାର୍ଜ } [=10^{-6} \text{ କୁଲମ୍}] = \frac{C}{nHA} \times \frac{T}{2\pi} \times \theta_0$$

$$= \frac{C}{nHA} \times \frac{T}{2\pi} \times \frac{d}{2 \times 1000}$$

ଚାର୍ଜ ସୁଗ୍ରାହିତା

$$S_q = \frac{d}{10^{-7}} = 2000 \times \frac{2\pi}{T} \times \frac{\pi HA}{C} \quad \dots \quad \dots \qquad (14.40)$$

$$\because\ S_q = \frac{2\pi}{T} \times S_i \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (14.41)$$

ଅର୍ଥାତ୍ ଚାର୍ଜ ସୁଗ୍ରାହ୍ୟତା $= \frac{2\pi}{T}$ ପ୍ରବାହ ସୁଗ୍ରାହ୍ୟତା

14.19 ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରର ବିଭିନ୍ନ ବ୍ୟବହାର :

ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ବିବିଧ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଓ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମାପ କାର୍ଯ୍ୟରେ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ କେତେଗୋଟି ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା ।

(a) ବିଭିନ୍ନ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ତୁଳନା

(b) ବିଭିନ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌କୋଷର ବି: ଚା: ବ:ର ତୁଳନା (ଧାରକ ସାହାଯ୍ୟରେ)

(c) କୁଣ୍ଡଳୀ ବା ପରିପଥର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ବା ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ

(d) ସନ୍ଧାନୀ କୁଣ୍ଡଳୀ (Search Coil) ସାହାଯ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ

(e) ଚୁମ୍ବକୀୟ ନମନ (Dip) ନିର୍ଣ୍ଣୟ (ଭୂ-ପ୍ରେରକ ସାହାଯ୍ୟରେ)

(f) ଉଚ୍ଚ ମାନର ରୋଧ ମାପନ (ଧାରକ ସାହାଯ୍ୟରେ)

(g) ବିଭିନ୍ନ ଚୁମ୍ବକର ମେରୁ ପ୍ରାବଲ୍ୟ ତୁଳନା (ସନ୍ଧାନୀ କୁଣ୍ଡଳୀ ସାହାଯ୍ୟରେ)

(h) ଚୁମ୍ବକୀୟ ପଦାର୍ଥର ସୁଭେଦ୍ୟତା (Permeability) ଓ ପ୍ରବଣତା (Susceptibility) ନିର୍ଣ୍ଣୟ

ଉଦାହରଣ (1)—ଗୋଟିଏ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇ ମାଇକ୍ରୋଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ସ୍କେଲ ଉପରେ ଆଲୋକ ଚିହ୍ନଟି 10 ସେ.ମି. ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହୁଏ । ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର କୁଣ୍ଡଳୀର ମନ୍ଦନବିହୀନ ଦୋଳନକାଳ 11 ସେକେଣ୍ଡ । ଗୋଟିଏ ଧାରକ (Capacitor) ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ବିସର୍ଜିତ ହେଲେ (Discharge) ତାହାର ସଂଶୋଧିତ ପ୍ରଥମ ବିକ୍ଷେପ ଯଦି 5 ସେ· ମି. ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ବିସର୍ଜିତ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ମନେକର θ = ସ୍ଥିର ବିକ୍ଷେପ

$\theta_\circ$ = ସଂଶୋଧିତ ପ୍ରଥମ ବିକ୍ଷେପ

ସ୍ଥିର ପ୍ରବାହ $i = \frac{C}{nHA} \times \theta;$

$$\therefore \frac{i}{\theta} = \frac{C}{nHA}$$

ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରରେ

$$q = \frac{C}{nHA} \times \frac{T}{2\pi} \times \theta_0$$

$$= \frac{i}{\theta} \times \frac{T}{2\pi} \times \theta_0 = \frac{2 \times 10^{-6}}{10} \times \frac{11 \times 7}{2 \times 22} \times 5$$

$= 1 \cdot 75 \times 10^{-6}$ କୁଲମ୍

$= 1 \cdot 75$ ମାଇକ୍ରୋକୁଲମ୍ (ଉ)

ଉଦାହରଣ (2)—ଗୋଟିଏ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ପ୍ରବାହ ସୁଗ୍ରାହିତା 2×10^{-8} ଏମ୍ପିୟର/ସେ·ମି· ଏବଂ ଦୋଳନକାଳ 15 ସେକେଣ୍ଡ । 2 ଭୋଲ୍ଟ ବିଭବାନ୍ତର ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଧାରକକୁ ଏହି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟଦେଇ ବିସର୍ଜନ କଲେ 10 ସେ· ମି· ସଂଶୋଧିତ ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ । ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ $\theta_0 = 10$ ସେ·ମି·, $V = 2$ ଭୋଲ୍ଟ

ପୂର୍ବ ଉଦାହରଣ ଅନୁଯାୟୀ

$$q = \frac{i}{\theta} \times \frac{T}{2\pi} \times \theta_0 = 2 \times 10^{-8} \times \frac{15 \times 7}{2 \times 22} \times 10$$

$= \frac{525}{11} \times 10^{-8}$ କୁଲମ୍

q (କୁଲମ୍) $=$ C (ଫାରାଡ଼୍) $\times$ V(ଭୋଲ୍ଟ)

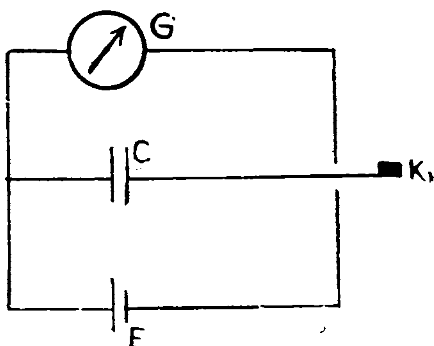
$\therefore C = \frac{q}{V} = \frac{525 \times 10^{-8}}{2 \times 11} = 23 \cdot 8 \times 10^{-8}$ ଫାରାଡ଼୍

$= \cdot 238 \times 10^{-6}$ ଫାରାଡ଼୍ $= \cdot 238$ ମାଇକ୍ରୋଫାରାଡ଼୍ (ଉ)

14.20 ପ୍ରକ୍ଷେପ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ପ୍ରକ୍ଷେପ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ (K) ନିର୍ଣ୍ଣୟ (Determination of Ballistic Constant) :

ଧାରକତ୍ୱ C ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ମାନକ ଧାରିତ୍ରକୁ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀ (ବି:ଚା:ବ: $=E$) ଦ୍ୱାରା ଚାର୍ଜ କରି ଓ ତାହାକୁ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ବିସର୍ଜନ କରି ପ୍ରକ୍ଷେପ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ନିମ୍ନଲିଖିତ ରୀତିରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ପରୀକ୍ଷା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପରିପଥର ଆରେଖ ଚିତ୍ର ନଂ 14·24ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ବିସର୍ଜନବେଳେ ଯଦି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର (ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ) ପ୍ରଥମ ପ୍ରକ୍ଷେପ θ_1 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ;

$$q=EC=K\,\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$



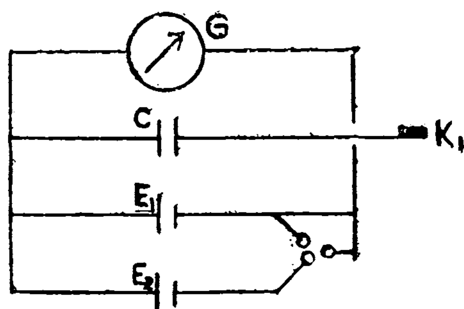
(ଚିତ୍ର ନଂ 14.24)

$$\text{କିମ୍ବା } K=\frac{EC}{\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)} \qquad \cdots \quad \cdots \qquad (14{\cdot}42)$$

E ଓ C ର ମାନ ଜଣାଥିବାରୁ ସାଧାରଣ ରୀତିରେ ଲଗାରିଥମୀୟ ହ୍ରାସ λ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ଓ θ_1 ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରି ସମୀକରଣ 14·42 ସାହାଯ୍ୟରେ K ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

14·21 ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ବି: ଚା: ବ:ର ତୁଳନା (Comparision of e·m·f·'s by Ballistic Galvanometer) :

ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଇଟି କୋଷର ବି: ଚା: ବ: E_1 ଓ E_2 ତୁଳନା କରାଯାଇପାରେ । ସେଥିପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥର ଆରେଖ ଚିତ୍ର ନଂ 14·25 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ପ୍ରଥମେ କୋଷ E_1 ଓ ପରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 14.25)

କୋଷ E_2 ସାହାଯ୍ୟରେ ମାନକ ଧାରକକୁ (ଧାରକତ୍ୱ = C) ଚାର୍ଜ କରି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟ ଦେଇ ଅନୁକ୍ରମରେ ଚାବି K_1 ସାହାଯ୍ୟରେ ବିସର୍ଜନ କରାଯାଏ ଓ ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରକ୍ଷେପ θ_1 ଓ θ_2 ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ ।

କୋଷ E_1 ପାଇଁ

$$q_1 = E_1C = K\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

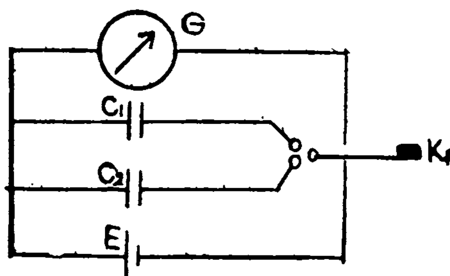
କୋଷ E_2 ପାଇଁ

$$q_2 = E_2C = K\,\theta_2\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

$$\therefore \frac{E_1}{E_2} = \frac{\theta_1}{\theta_2} \quad .... \quad .... \quad (14\cdot43)$$

14·22 ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ଧାରକତ୍ୱ ତୁଳନା (Comparision of Capacities by Ballistic Galvanometer) :

ଏହି ପରୀକ୍ଷାପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥର ଆରେଖ ଚିତ୍ର ନଂ 14·26ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ଏଠାରେ ଧାରକତ୍ୱ C_1 ଓ C_2 ବିଶିଷ୍ଟ ଦୁଇଟି ଧାରକକୁ ଅନୁକ୍ରମରେ ବ୍ୟାଟେରୀ E ଦ୍ୱାରା ଚାର୍ଜ କରି ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟଦେଇ ବିସର୍ଜନ କରାଯାଏ ଓ ଉଭୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରକ୍ଷେପ θ_1 ଓ θ_2 ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 14·26)

ଧାରକତ୍ୱ C_1 ପାଇଁ

$$q_1 = C_1E = K\,\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

ଧାରକତ୍ୱ C_2 ପାଇଁ

$$q_2 = C_2 E = K\,\theta_2\left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$$

$$\therefore \frac{C_1}{C_2} = \frac{\theta_1}{\theta_2} \qquad \ldots \qquad \ldots \qquad (14{\cdot}44)$$

ଯଦି ଗୋଟିଏ ଧାରକତ୍ୱ ଜଣାଥାଏ, ତାହାହେଲେ ଅନ୍ୟ ଧାରକତ୍ୱ ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. ଗୋଟିଏ ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଲଘୁକାରକ K ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ i ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପ୍ରବାହିତ ହୋଇଅଛି । ପ୍ରମାଣ କରେ ଯେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର

ସୁଗ୍ରାହିତା $= \dfrac{K}{(k^2+i^2)}$

$$\left[\; i = k\tan\theta,\; i^2 = k^2\tan^2\theta = k^2(\sec^2\theta - \;)\right.$$

$$\therefore\; k^2 + i^2 = k^2\sec^2\theta$$

$$di = k\sec^2\theta\, d\theta$$

ସୁଗ୍ରାହିତା $\dfrac{d\theta}{di} = \dfrac{1}{k\sec^2\theta} = \dfrac{1}{k\left(\dfrac{k^2+i^2}{k^2}\right)} = \dfrac{k}{(k^2+i^2)} \Big]$

2. ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବ ବେଳେ ତାହାର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଯେକୌଣସି ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

3 ହେଲ୍‌ମହୋଲ୍‌ଜଙ୍କ ଦ୍ୱି-କୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ତତ୍ତ୍ୱ ବୁଝାଇଦିଅ ।

4. ହେଲ୍‌ମହୋଲ୍‌ଜଙ୍କ ଦ୍ୱି-କୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଗଠନ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ଓ ତାହାର ତତ୍ତ୍ୱ ବୁଝାଇଦିଅ ।

5. 50 ପାକବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଆୟତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 5 ସେ: ମି: ଓ ପ୍ରସ୍ଥ 2 ସେ: ମି: । କୁଣ୍ଡଳୀଟି 50 ଓଏର୍‌ଷ୍ଟେଡ୍ ତୀବ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଭୂସମାନ୍ତର

ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ଓ ତାହାର ସମତଳ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ସହିତ 30 କୋଣ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ । କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ 20 ମିଲିଏମ୍ପିୟରର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ତାହା ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(ଉ:—43·25 ଡାଇନ – ସେ·ମି·)

6. ଗୋଟିଏ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଗଠନ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ଓ ତାହାର ତତ୍ତ୍ୱ ବୁଝାଇଦିଅ ।

7. ଡି. ଆରସନ୍‌ଭାଲ୍ ଗାଲଭାନୋମିଟର୍‌ର କାର୍ଯ୍ୟରୀତି ବୁଝାଇଦିଅ ଓ ତାହାର ପ୍ରବାହ ସୁଗ୍ରାହିତା କାହା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ, ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

8. ଗୋଟିଏ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଗଠନ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ଓ ତାହାକୁ କିପରି ଅନାବର୍ତ୍ତୀ କରାଯାଏ, ବୁଝାଇଦିଅ ।

9. ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଷୟର ସଂଜ୍ଞା ଉଲ୍ଲେଖ କର । (i) ମାଇକ୍ରୋଏମ୍ପିୟର୍ ସୁଗ୍ରାହିତ, (ii) ଭୋଲ୍‌ଟେଜ ସୁଗ୍ରାହିତା, (iii) ଉପଯୋଗାଙ୍କ ଗୋଟିଏ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ସୁଗ୍ରାହୀ ଗାଲଭାନୋମିଟର୍‌ର ବ୍ୟବହାର ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

10. ସଣ୍ଟ୍ କଣ ଓ ତାହା କି କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ? ଗୋଟିଏ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥରେ G ଓମ୍ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ସହିତ S ଓମ୍ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସଣ୍ଟ୍ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇଛି । ପ୍ରଧାନ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ନ ହେବା ପାଇଁ କେତେ ଅତିରିକ୍ତ ରୋଧ ପରିପଥରେ ସଂଯୁକ୍ତ କରାହେବ ?

11. ଗୋଟିଏ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌କୁ କିପରି (i) ଏମିଟର୍ ଓ (ii) ଭୋଲ୍‌ଟମିଟରକୁ ରୂପାନ୍ତରିତ କରାଯାଏ, ଦର୍ଶାଅ ।

12. ଗୋଟିଏ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ 1 mA ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ତାହାର ପୂର୍ଣ୍ଣ ସ୍କେଲ୍ ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ । ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର କୁଣ୍ଡଳୀର ରୋଧ ଯଦି 10 ଓମ୍ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଏହାକୁ 10 ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ ମାପ କରିବା ପାଇଁ କିପରି ଏମିଟର୍‌କୁ କିପରି ରୂପାନ୍ତରିତ କରାହେବ ?

[ଉ :—ସଣ୍ଟ୍‌ର ମାନ = ·001 Ω]

13. 25 ଓମ୍ ରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ମିଲି-ଭୋଲ୍ଟମିଟର 30 ମିଲିଭୋଲ୍ଟ ବିଭବାନ୍ତର ମାପ କରିପାରେ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ କିପରି (i) 30 ଭୋଲ୍ଟ ବିଭବାନ୍ତର ଓ (ii) 3 ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମାପ କରାଯିବ ?

[ଉ :—(i) 24975 ଓମ୍ ରୋଧଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରି ଓ (ii) ·10 ଓମ୍ ରୋଧ-ବିଶିଷ୍ଟ ସଣ୍ଟ ସଂଯୁକ୍ତ କରି]

14. ଗୋଟିଏ ଚଳଚୁମ୍ବକ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲଭାନୋମିଟରର ଗଠନ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ଚାର୍ଜ ପାଇଁ ଏକ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର ।

15. ଗୋଟିଏ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ର ଗଠନ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ଚାର୍ଜ ପାଇଁ ଏକ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର ।

16. ଗୋଟିଏ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲଭାନୋମିଟର୍ର ଗଠନ, ତତ୍ତ୍ୱ ଓ ବ୍ୟବହାର ବୁଝାଇଦିଅ । ଏହି ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ର ଧ୍ରୁବାଙ୍କ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ, ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

17. ଗୋଟିଏ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲଭାନୋମିଟର୍ର ତତ୍ତ୍ୱ ବୁଝାଇଦିଅ ଓ ତାହାର ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷିତ ବିସ୍ତାରକୁ କିପରି ସଂଶୋଧନ କରାଯାଏ, ସଂକ୍ଷେପରେ ଲେଖ ।

18. ଗୋଟିଏ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲଭାନୋମିଟର କୁଣ୍ଡଳୀର ରୋଧ 100 ଓମ୍ ଏବଂ .002 ଭୋଲ୍ଟ ବି: ଚା: ବ: ଦ୍ୱାରା ସ୍କେଲ ଉପରେ ଆଲୋକ ଚିହ୍ନଟି 12 ସେ:ମି: ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହୁଏ । ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର କୁଣ୍ଡଳୀର ମନ୍ଦନବିହୀନ ଦୋଳନ କାଳ 10 ସେକେଣ୍ଡ । ଗୋଟିଏ ଧାରକ ଏହି ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ବିସର୍ଜିତ ହେଲେ, ତାହାର ସଂଶୋଧିତ ପ୍ରଥମ ବିକ୍ଷେପ ଯଦି 6 ସେ: ମି: ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ସେଥିରେ ପ୍ରବାହିତ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

19. ଦୁଇଭୋଲଟ ବିଭବାନ୍ତରବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଚାର୍ଜିତ ଧାରକକୁ ଗୋଟିଏ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟଦେଇ ବିସର୍ଜନ କଲେ କୁଣ୍ଡଳୀର ସଂଶୋଧିତ ବିକ୍ଷେପ 9·6 ସେ:ମି ହୁଏ । ଯଦି ଗାଲଭାନୋମିଟରର ପ୍ରବାହ ସୁଗ୍ରାହିତା $2 \cdot 2 \times 10^{-8}$ ଏମ୍ପିୟର/ସେ:ମି: ଓ ଦୋଳନକାଳ 12 ସେକେଣ୍ଡ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଧାରକର ଧାରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । [ଉ :—$0 \cdot 2017 \times 10^{-6}$ ଫାରାଡ୍]

20. ପ୍ରମାଣ କର ଯେ ଗୋଟିଏ ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ର ଚାର୍ଜ ସୁଗ୍ରାହିତା $= \frac{2\pi}{T} \times$ ପ୍ରବାହ ସୁଗ୍ରାହିତା ।

ପଞ୍ଚଦଶ ପରିଚ୍ଛେଦ

ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାପ

(Electrical Measurements)

15.1

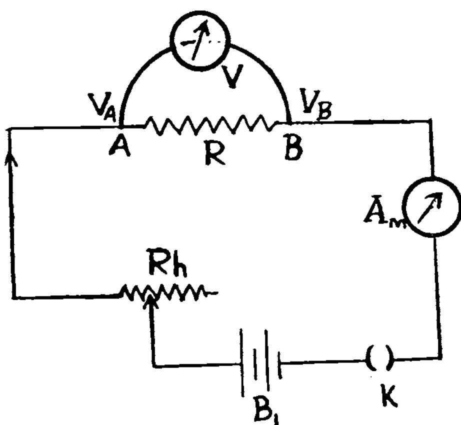
ରୋଧ, ପ୍ରବାହମାତ୍ରା, ବି: ଗୃ: ବ: ଇତ୍ୟାଦି ମାପ କରିବା ପାଇଁ ଯେଉଁସବୁ ପରୀକ୍ଷାର ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଏ, ସେଥିରେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଚାବି (key), କମ୍ୟୁଟେଟର, ମାନକରୋଧ ଇତ୍ୟାଦିର ସାହାଯ୍ୟ ନିଆଯାଏ । ଏହିସବୁ ସାହାଯ୍ୟକାରୀ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଉପକରଣରେ ଗଠନ ଓ କାର୍ଯ୍ୟରୀତି ସହିତ ଛାତ୍ରଛାତ୍ରୀମାନେ ପୂର୍ବରୁ ପରିଚିତ ; ତେଣୁ ସେଗୁଡ଼ିକର ବର୍ଣ୍ଣନା ଏଠାରେ ଅନାବଶ୍ୟକ ।

15.2 ରୋଧ ମାପ (Measurement of Resistances) :

ମଧ୍ୟମ, ଉଚ୍ଚ କିମ୍ବା ନିମ୍ନ ମାନର ରୋଧ ମାପ ପାଇଁ ଭିନ୍ନ ରୀତି ଅବଲମ୍ବନ କରାଯାଏ । ମଧ୍ୟମ ମାନର ରୋଧ ସାଧାରଣତଃ (i) ଏମିଟର ଭୋଲ୍‌ଟମିଟର ରୀତି (ii) ବିକ୍ଷେପଣ ରୀତି (iii) ତୁଳନାତ୍ମକ ରୀତିଦ୍ୱାରା ମାପ କରାଯାଏ । ଏହିସବୁ ରୀତି ମଧ୍ୟରୁ ତୁଳନାତ୍ମକ ରୀତି ସବୁଠାରୁ ସୁବିଧାଜନକ ଓ ନିର୍ଭୁଲ ଏବଂ ଏହି ରୀତିରେ ହୁଇଟଷ୍ଟୋନ୍ ବ୍ରିଜ୍ ତତ୍ତ୍ୱ ପ୍ରୟୋଗ କରି ମିଟରବ୍ରିଜ କିମ୍ବା ପୋଷ୍ଟ-ଅଫିସ ବାକସ ସାହାଯ୍ୟରେ ରୋଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

15.3 ଏମିଟର-ଭୋଲ୍‌ଟମିଟର ରୀତିଦ୍ୱାରା ରୋଧ ମାପ :

ଏହି ରୀତି ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥ ଚିତ୍ର ନଂ 15.1ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1ରୁ ନିର୍ଣ୍ଣେୟ ରୋଧ R ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ ଏମିଟର A ସାହାଯ୍ୟରେ ଓ ରୋଧର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ AB ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର $(V_A - V_B)$ ଭୋଲ୍‌ଟମିଟର V ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପ କରାଯାଏ ଏବଂ ଓମ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ରୋଧ



(ଚିତ୍ର ନଂ 15.1)

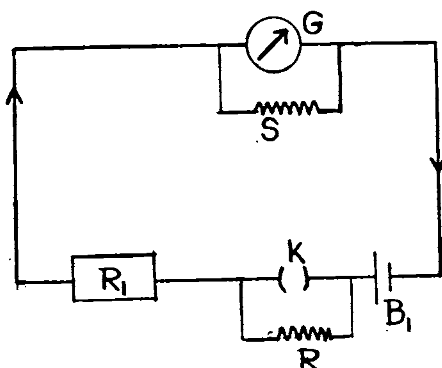
ମାପ କରାଯାଏ । ଯଦି ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ହୁଏ, ତାହାହେଲେ;

$$R = \frac{V_A - V_B}{I}$$

ଏହି ରୀତିରେ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ଓ ସୁବିଧାରେ ମାପ କରାଯାଇପାରେ; କିନ୍ତୁ ଏହି ରୀତି ନିର୍ଭୁଲ ନୁହେଁ ।

15.4 ବିକଳ୍ପ ରୀତିଦ୍ୱାରା ରୋଧ ମାପ (Method of Substitution) :

ଏହି ରୀତିରେ ରୋଧ ମାପ କରିବା ପାଇଁ ଗୋଟିଏ ରୋଧବାକ୍ସ R_1କୁ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G ଓ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ସହିତ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଏ (ଚିତ୍ର ନଂ 15.2) ନିର୍ଣ୍ଣେୟ ରୋଧ R ର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତକୁ ପ୍ଲାଗ୍ ଚାବି K ର ଦୁଇ ସ୍କ୍ରୁ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ପ୍ରଥମେ ରୋଧବାକ୍ସରେ କୌଣସି ରୋଧ ନ ନେଇ ଓ ଚାବି Kରୁ ପ୍ଲାଗ୍ ଖୋଲିଦେଇ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ । ଏହାପରେ ଚାବି Kରେ ପ୍ଲାଗ୍ ଭର୍ତ୍ତିକରି ଓ ରୋଧ ବାକ୍ସରେ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ରୋଧ ନେଇ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ ପୂର୍ବ ମାନ ସହିତ ସମାନ କରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ରୋଧ ବାକ୍ସରେ ନିଆଯାଇଥିବା ରୋଧ R_1 ସହିତ ଅଜଣା ରୋଧ R ସମାନ ।

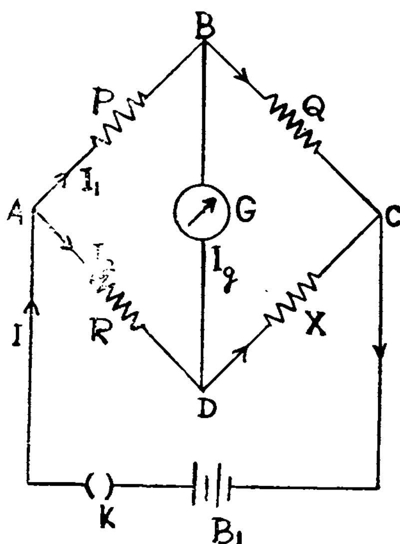


(ଚିତ୍ର ନଂ 15·2)

15·5 ହୁଇଟଷ୍ଟୋନ୍ ବ୍ରିଜ୍ (Wheatstone Bridge) :

ତୁଳନାତ୍ମକ ରୀତିରେ ରୋଧ ମାପ କରିବାବେଳେ ହୁଇଟଷ୍ଟୋନଙ୍କ ବ୍ରିଜ ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁସରଣ କରାଯାଏ । ଏହି ତତ୍ତ୍ୱ ଦ୍ୱାଦଶ ପରିଚ୍ଛେଦରେ ସବିଶେଷ ଭାବରେ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି । ଏହି ବ୍ରିଜ ଗୋଟିଏ ଚତୁର୍ଭୁଜ $ABCD$ର ଚାରି ବାହୁରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 15.3) ସଂଯୁକ୍ତ ଚାରିଗୋଟି ରୋଧ P, Q, X ଓ R ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଏଠାରେ A ଓ C ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ଏବଂ B ଓ C ମଧ୍ୟରେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G ସଂଯୁକ୍ତ । ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ଯେତେବେଳେ A ବିନ୍ଦୁରେ ପହଞ୍ଚେ ସେତେବେଳେ ତାହା I_1 ଓ

I_2ରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇ ଯଥାକ୍ରମେ P ଓ R ମଧ୍ୟଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଯଦି B ଓ D ବିନ୍ଦୁର ବିଭବ ସମାନ ହୁଏ ତାହାହେଲେ G ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ନାହିଁ



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·3)

ଅର୍ଥାତ୍ $I_g=0$ ହେବ ଏବଂ I_1 ଓ I_2 ଯଥାକ୍ରମେ Q ଓ X ମଧ୍ୟଦେଇ C ବିନ୍ଦୁରେ ମିଳିତ ହେବେ ।

ମନେକର A, B, C ଓ D ବିନ୍ଦୁର ବିଭବ ଯଥାକ୍ରମେ V_a, V_b, V_c ଓ V_d । ଯେତେବେଳେ $I_g=0$, $V_b=V_p$;

$$\therefore \quad I_1 = \frac{V_a - V_b}{P} = \frac{V_b - V_c}{Q}$$

$$\text{ଏବଂ} \quad I_2 = \frac{V_a - V_b}{R} = \frac{V_d - V_c}{X}$$

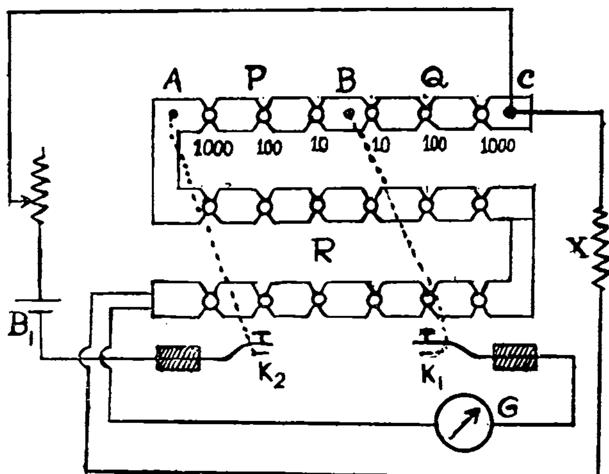
$$\therefore \quad \frac{P}{Q} = \frac{R}{X}$$

ତରାଂ P, Q ଓ R ଜଣାଥିଲେ, Xର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

ମିଟର ବ୍ରିଜ, ପୋଷ୍ଟ-ଅଫିସ ବାକସ ପ୍ରଭୃତିରେ ଏହି ତତ୍ତ୍ୱ ପ୍ରୟୋଗ କରି ରୋଧ ମାପ କରାଯାଏ ।

15.6 ପୋଷ୍ଟ-ଅଫିସ ବାକ୍ସ (Post-Office Box) :

ପୋଷ୍ଟ-ଅଫିସ ବାକ୍ସ ହ୍ୱିଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ୍ ବ୍ରିଜ୍‌ର ଏକ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ (Compact) ପ୍ରକାର ମାତ୍ର । ଏହି ବାକ୍ସ ମଧ୍ୟରେ ବ୍ରିଜର P, Q ଓ R ବାହୁର ରୋଧ ଭିନ୍ନ ଧାଡ଼ିରେ ସଜ୍ଜିତ (ଚିତ୍ର ନଂ 15 4) ହୋଇଥାଏ । P ଓ Q ବାହୁ (ଅନୁପାତ ବାହୁ) ପ୍ରତ୍ୟେକରେ 10, 100 ଓ 1000 ଓମ୍ ରୋଧ ଏବଂ R ବାହୁରେ (ରୋଧ ବାହୁ) 1 ରୁ 5000 ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ରୋଧ ଥାଏ । ଅଜଣା ରୋଧ X କୁ C ଓ D ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ସଂଯୁକ୍ତ



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·4)

କରାଯାଏ । ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G କୁ D ଓ E ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଟିପାଚାବି K_1 ମଧ୍ୟଦେଇ ଓ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 କୁ A ଓ C ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଟିପାଚାବି K_2 ମଧ୍ୟଦେଇ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । K_2 ଓ K_1 କୁ ଚିପିଲେ, ଯଥାକ୍ରମେ ବ୍ୟାଟେରୀ ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ସଂଯୁକ୍ତ ହୁଏ ।

ଅଜଣାରୋଧ X ର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାପାଇଁ ଅନୁପାତ ବାହୁରେ ଉପଯୁକ୍ତ ରୋଧ P ଓ Q ଏବଂ ରୋଧବାହୁରେ ଉପଯୁକ୍ତ ରୋଧ R ନେଇ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଶୂନ୍ୟ କରାଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ହ୍ୱିଟ୍‌ଷ୍ଟୋନଙ୍କ ବ୍ରିଜ୍ ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ,

$$X = \frac{Q}{P} \times R$$

ଯଦି P ଓ Q ପ୍ରତ୍ୟେକ 10 ଓମ ହୁଏ ଏବଂ ଗାଲଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଶୂନ୍ୟ ହେବାପାଇଁ ରୋଧ ବାକ୍ସରେ R ଓମ୍ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ,

$$X = \frac{10}{10} \times R = R$$

ଅର୍ଥାତ୍ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରୋଧ ବାକ୍ସରେ ନିଆଯାଇଥିବା ରୋଧ R ଅଜଣା ରୋଧ X ସହିତ ସମାନ ।

ଯଦି P ଓ Q ପ୍ରତ୍ୟେକ 10 ଓମ୍ ହୋଇଥିବ ବେଳେ R ର ଯେକୌଣସି ମାନ ପାଇଁ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ ନ ମିଳେ ଅର୍ଥାତ୍ ମନେକର R ର ମାନ 2 ଓମ୍ ହେଲେ, ଗାଲଭାନୋମିଟର ବାମକୁ ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହୁଏ ଓ R ର ମାନ 3 ଓମ୍ ହେଲେ ତାହା ଦକ୍ଷିଣକୁ ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହୁଏ । [ରୋଧ ବାକ୍ସରେ ଅପୂର୍ଣ୍ଣାଙ୍କ ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ଓମ୍‌ର ଦଶାଂଶ ବା ଏକ-ଶତାଂଶ ରୋଧ ନ ଥାଏ] ତାହାହେଲେ P କୁ 100 ଓମ୍ ଓ Q କୁ 10 ଓମ୍ ନେଇ R ର ମାନ 20 ରୁ 30 ଓମ୍ ମଧ୍ୟରେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଏ । ମନେକର R ର ମାନ 25 ହୋଇଥିବାବେଳେ ବ୍ରିଜ୍‌ଟି ସମତୁଳିତ ହୁଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ,

$$X = \frac{10}{100} \times 25 = 2{\cdot}5 \text{ ଓମ୍}$$

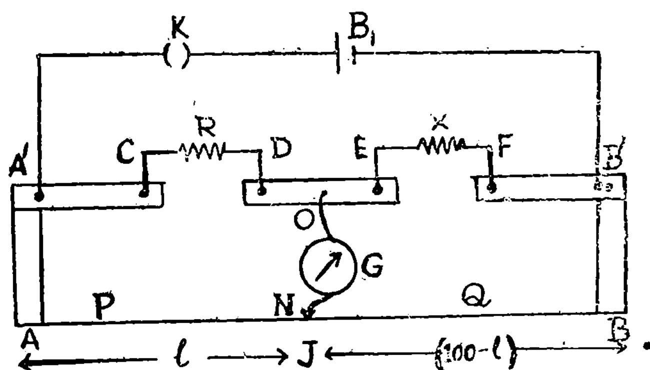
ଯଦି $P = 100$ ଓ $Q = 10$ ଓମ୍ ନେଇ Rର ଯେକୌଣସି ମାନ ପାଇଁ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ ନ ମିଳେ, ତାହାହେଲେ Pର ମାନ 1000 ଓ Qର ମାନ 10 ଓମ୍ ନେଇ Rର ମାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଏ ଓ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ Xର ମାନ ଦଶମିକ ଦ୍ୱିତୀୟ ସ୍ଥାନରେ ମିଳେ ।

ଟିପ୍ପଣୀ :– ପୋଷ୍ଟ-ଅଫିସ ବାକ୍ସରେ ପ୍ରଥମେ ବ୍ୟାଟେରୀ ପରିପଥ ଓ ପରେ ଗାଲଭାନୋମିଟର ପରିପଥ ବନ୍ଦ କରାଯାଏ । କାରଣ ଯଦି ବ୍ୟାଟେରୀ ପରିପଥ ବନ୍ଦକରିବା ପୂର୍ବରୁ ଗାଲଭାନୋମିଟର ପରିପଥ ବନ୍ଦ କରାଯାଏ, ତାହାହେଲେ ସ୍ୱପ୍ରେରଣ (Self-Induction ଯୋଗୁ ଗାଲଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ମୂଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଏକ ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ପରିପଥ ମୁକ୍ତ କରିବାବେଳେ ପ୍ରଥମେ ଗାଲଭାନୋମିଟର ଓ ପରେ ବ୍ୟାଟେରୀ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରାଯାଏ ।

15.7 ମିଟର ବ୍ରିଜ୍ (Metre Bridge) :

ଏହା ଗୋଟିଏ କାଠପଟା (ଚିତ୍ର ନଂ 15·5) ଉପରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ପ୍ରସାରିତ (Stretched) ହୋଇଥିବା ସରୁ, ସମପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଏକ

ତାର AB ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଏହି ପଟାତନ ଉପରେ 5 ଗୋଟି (AA', $A'C$, DE, FB' ଓ $B'B$) ରୋଧବର୍ଜିତ ମୋଟା ଧାତବ ଫଳକ ଦୃଢ଼ ଭାବରେ ବସାହୋଇଥାଏ ଓ ତାର ABର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ଫଳକର A ଓ B ବିନ୍ଦୁରେ ଝାଳେଇ ହୋଇଥାଏ । C ଓ D ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଫାଙ୍କ ସ୍ଥାନରେ ଜଣାରୋଧ R ଏବଂ E ଓ F ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଫାଙ୍କ



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·5)

ସ୍ଥାନରେ ଅଜଣାରୋଧ X ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । A' ଓ B' ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ଏବଂ DE ଫଳକର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ O ଓ ଜକି J ସହିତ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

ବ୍ୟାଟେରୀରୁ ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ କରାଇ ତାର AB ଉପରେ ଜକି Jକୁ ବିଭିନ୍ନ ଅବସ୍ଥାନକୁ ନିଆଯାଏ ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ । ଯଦି ଜକିର ଅବସ୍ଥାନ N ପାଇଁ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପଶୂନ୍ୟ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ O ଓ N ବିନ୍ଦୁର ବିଭବ ସମାନ ହେବ । ବର୍ତ୍ତମାନ AN ଓ NB ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ ବ୍ରିଜ୍‌ର ଅନୁପାତ ବାହୁ P ଓ Q ଅଟେ; ତେଣୁ ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ ବ୍ରିଜ୍ ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ,

$$\frac{R}{X}=\frac{P}{Q}$$

ମନେକର $AN=l$, $\therefore NB=(100-l)$

ଯଦି ତାରର ଏକକ ରୋଧ ρ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ $P=l\rho$ ଏବଂ $Q=(100-l)\rho$ ।

$$\therefore \quad \frac{R}{X} = \frac{\rho}{(100-l)\rho} = \frac{l}{(100-l)}$$

$$\text{କିମ୍ବା } X = \frac{R(100-l)}{l}$$

(i) ମିଟର ବ୍ରିଜ୍‌ର ସଠିକତା (Accuracy of the Metre Bridge) :

ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ N ତାର ABର ମଧ୍ୟସ୍ଥଳରେ ରହିଲେ, ଅର୍ଥାତ୍ $l=50$ ହେଲେ, ବ୍ରିଜ୍‌ଟି ସବୁଠାରୁ ଅଧିକ ସଠିକ ହୁଏ ।

ମନେକର ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ N ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାବେଳେ, ଅର୍ଥାତ୍ l ମାପ କରିବାବେଳେ dl ଭୁଲ୍ ହୁଏ ଏବଂ ଏହାଫଳରେ X ମାପରେ dX ଭୁଲ୍ ହୁଏ ।

$$X = \frac{100-l}{l} \times R = \left(\frac{100}{l} - 1\right)R$$

$$dX = -100 \times \frac{dl}{l^2} \times R$$

$$\text{ଆପେକ୍ଷିକ ଭୁଲ୍ } \frac{dX}{X} = \frac{-100\,dl}{l^2} \times R \Big/ \frac{100-l}{l} \times R$$

$$= -\frac{100\,dl}{(100-l)l}$$

ତେଣୁ ଆପେକ୍ଷିକ ଭୁଲ $\frac{dX}{X}$ ସର୍ବନିମ୍ନ ହେବ, ଯେତେବେଳେ

$(100-l)l =$ ସର୍ବାଧିକ

କିମ୍ବା $(100-l)dl + l(-dl) = 0$

କିମ୍ବା $100\,dl - 2l\,dl = 0$

କିମ୍ବା $2l = 100$

କିମ୍ବା $l = 50$

ସୁତରାଂ ଆପେକ୍ଷିକ ଭୁଲ୍ ସର୍ବନିମ୍ନ ହୁଏ ଯେତେବେଳେ $l=50$ । ସେଥିପାଇଁ ମିଟର ବ୍ରିଜ୍‌ଦ୍ୱାରା ରୋଧ ମାପ କରିବାବେଳେ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ ତାରର ମଧ୍ୟସ୍ଥଳର ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ ରହିବା ଉଚିତ ।

(ii) ମିଟର ବ୍ରିଜର ପ୍ରାନ୍ତ-ସଂଶୋଧନ (End-Correction of a Metre Bridge) :

ମିଟର ବ୍ରିଜ ସୂତ୍ର $\frac{R}{X}=\frac{l}{(100-l)}$ ନିର୍ଗମନ କରିବାବେଳେ ଧାତବ ଫଳକଗୁଡ଼ିକର ରୋଧ ତଥା ଫଳକ ସହିତ ତାର ABର ସଂଯୁକ୍ତ ବିନ୍ଦୁ (Junction Points) A ଓ Bରେ ରୋଧ ନଗଣ୍ୟ ଧରାଯାଇଛି ଏବଂ ସଂଯୁକ୍ତ ବିନ୍ଦୁ A ଓ B ଯଥାକ୍ରମେ ମିଟର ସ୍କେଲର 0 ଓ 100 ସେ: ମି: ଦାଗ ସହିତ ମିଶିଯାଉଥିବା କଳ୍ପନା କରାଯାଇଛି ; କିନ୍ତୁ ଧାତବ ଫଳକଗୁଡ଼ିକର ସାମାନ୍ୟ ରୋଧ ଥାଇପାରେ ଏବଂ ତ୍ରୁଟିପୂର୍ଣ୍ଣ ଝଳେଇ ଯୋଗୁ ଓ ସଂଯୁକ୍ତ ବିନ୍ଦୁ A ଓ B ସ୍କେଲର 0 ଓ 100 ସେ: ମି: ଦାଗ ସହିତ ସମ୍ପାତ ନ ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ଥିବାରୁ ମିଟର ବ୍ରିଜ୍ ତାରର ବାମ ଓ ଦକ୍ଷିଣ ପ୍ରାନ୍ତରେ କିଛି ରୋଧ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ହୁଏ । ମନେକର ତାରର ବାମ ଓ ଦକ୍ଷିଣ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଏହି ରୋଧର ପରିମାଣ ଯଥାକ୍ରମେ ତାରର α ଓ β ଦୈର୍ଘ୍ୟର ରୋଧ ସହିତ ସମାନ ।

ତେଣୁ ମିଟର ବ୍ରିଜ୍‌ର ବାମ ଓ ଦକ୍ଷିଣ ଫାଙ୍କରେ (Gap) ଯଥାକ୍ରମେ ରୋଧ R ଓ X ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥିବା ବେଳେ ଯଦି ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ ବାମରୁ l_1 ସେ:ମି: ହୁଏ,

$$\frac{R}{X}=\frac{l_1+\alpha}{100-l_1+\beta} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots (15.1)$$

ଯଦି ରୋଧ R ଓ Xର ଅବସ୍ଥାନ ଅଦଳ ବଦଳ କରାଯାଏ ଓ ନୂତନ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁର ଅବସ୍ଥାନ ବାମରୁ l_2 ସେ:ମି: ହୁଏ, ତାହାହେଲେ;

$$\frac{X}{R}=\frac{l_2+\alpha}{100-l_2+\beta} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots (15.2)$$

ମନେକର $\frac{X}{R}=n$, ତେଣୁ ସମୀକରଣ (15·1) ଓ (15·2) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$100-l_1+\beta=n\,(l_1+\alpha) \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots (15.3)$$

$$100-l_2+\beta=\frac{1}{n}\,(l_2+\alpha) \quad \ldots \quad \cdots \quad \ldots (15.4)$$

ସମୀକରଣ (15·3)ରୁ (15·4) ବିୟୋଗ କର

$$l_2-l_1=nl_1+n\alpha-\frac{l_2}{n}-\frac{\alpha}{n}$$

କିମ୍ବା $nl_2 - nl_1 = n^2 l_1 + n^2 \alpha - l_2 - \alpha$

କିମ୍ବା $nl_2 + l_2 - nl_1 - n^2 l_1 = \alpha(n^2 - 1)$

କିମ୍ବା $l_2(n+1) - nl_1(n+1) = \alpha\ (n^2 - 1)$

କିମ୍ବା $(n+1)(l_2 - nl_1) = \alpha\ (n+1)(n-1)$

କିମ୍ବା $$\left.\begin{aligned} \alpha &= \frac{l_2 - nl_1}{n-1} \\ &= \frac{Xl_1 - Rl_2}{R - X} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots (15{\cdot}5)$$

ଉକ୍ତପ୍ରୋକ୍ତ ରୀତିରେ ସମୀକରଣ (15·3) ଓ (15·4)କୁ β ପାଇଁ ସମାଧାନ କରି ଏବଂ $(100 - l_1) = l_1'$ ଓ $(100 - l_2) = l_2'$ ବସାଇ

$$\left.\begin{aligned} \beta &= \frac{l_1' - nl_2'}{n-1} \\ &= \frac{Rl_1 - Xl_2}{R - X} - 100 \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots (15{\cdot}6)$$

ସୁତରାଂ R, X, l_1 ଓ l_2 ଜାଣି **ପ୍ରାନ୍ତ-ସଂଶୋଧନ** α ଓ βର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ସୁବିଧା ଦୃଷ୍ଟିରୁ ସାଧାରଣତଃ nର ମାନ ପ୍ରଥମେ 101 ନିଆଯାଏ, ଅର୍ଥାତ୍ X = 101 ଓମ୍ ଓ R = 1 ଓମ୍ କରାଯାଏ ଏବଂ ପରେ ତାହା 91, 81, 71 ଇତ୍ୟାଦି କରି ବିଭିନ୍ନ କ୍ଷେତ୍ରରେ α ଓ βର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଓ ସେମାନଙ୍କର ହାରାହାରି ମାନ ହିସାବ କରାଯାଏ ।

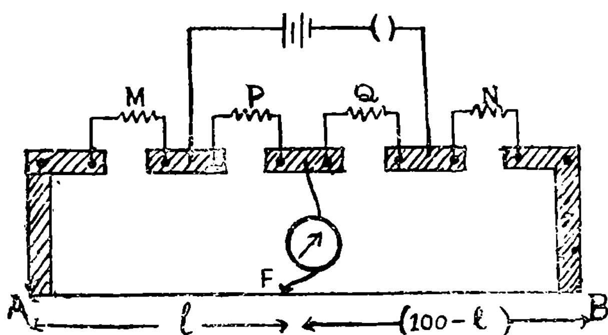
15·7 (a) କେରି ଫଷ୍ଟର ବ୍ରିଜ (Carey Foster's Bridge) :

ଏହା କାର୍ଯ୍ୟତଃ ଗୋଟିଏ ମିଟର ବ୍ରିଜ୍; କେବଳ ଏଥିରେ 4ଗୋଟି ଫାଙ୍କ (Gap) ଥାଏ [ଚିତ୍ର ନଂ 15.5(a)] । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଇଗୋଟି ପ୍ରାୟ ସମାନ ରୋଧର ତାରତମ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ଏବଂ ଏଥିରେ ମାପ କରିବାବେଳେ ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ରୋଧ (End Resistances) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ନାହିଁ ।

ଏଠାରେ ଦୁଇ ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଫାଙ୍କରେ ଅନୁପାତ ରୋଧ P ଓ Q ଦୁଇ ବାହ୍ୟ-ଫାଙ୍କରେ ଦୁଇଟି ରୋଧ M ଓ N ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ।

ଯଦି ବ୍ରିଜ୍ ତାରର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ରୋଧ P ହୁଏ ଏବଂ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ ବାମରୁ l_1 ଦୂରତ୍ୱରେ ମିଳେ ଓ ଦକ୍ଷିଣ ପ୍ରାନ୍ତର ପ୍ରାନ୍ତରୋଧ ଯଥାକ୍ରମେ α ଓ β ହୁଏ, ତାହାହେଲେ;

$$\frac{P}{Q}=\frac{M+\alpha+\rho l_1}{N+\beta+\rho(100-l_1)} \quad \cdots \quad \cdots \text{(i)}$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·5(a))

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯଦି M ଓ Nର ଅବସ୍ଥାନ ଅଦଳ ବଦଳ କରାଯାଏ ଓ ବାମରୁ l_2 ଦୂରତ୍ୱରେ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ ମିଳେ, ତାହାହେଲେ;

$$\frac{P}{Q}=\frac{N+\alpha+\rho l_2}{M+\beta+\rho(100-l_2)} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \text{(ii)}$$

$$\therefore \frac{M+\alpha+\rho l_1}{N+\beta+\rho(100-l_1)}=\frac{N+\alpha+\rho l_2}{M+\beta+\rho(100-l_2)} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \text{(iii)}$$

ଯଦି ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପାର୍ଶ୍ୱ ସହିତ 1 ଯୋଗ କରାଯାଏ, ତାହାହେଲେ;

$$\frac{M+N+\alpha+\beta+\rho\times 100}{N+\beta+\rho(100-l_1)}$$

$$=\frac{M+N+\alpha+\beta+\rho\times 100}{M+\beta+\rho(100-\rho_2)} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \text{(iv)}$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରେ ଲବ ସମାନ ; ତେଣୁ ହର ମଧ୍ୟ ସମାନ ହେବ ।

$$\therefore \; N+\beta+\rho(100-l_1)=M+\beta+\rho(100-l_2)$$

କିମ୍ବା $(M-N)=\rho\,(l_2-l_1)$ ... ... (v)

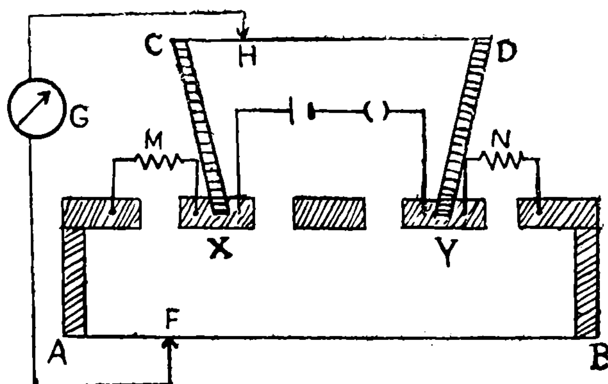
ଉପରୋକ୍ତ ସୂତ୍ର α ଓ β ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

(1) ρ **ନିର୍ଣ୍ଣୟ :** ସୂତ୍ର (v) ସାହାଯ୍ୟରେ ρ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ, ସେଥିପାଇଁ N ସ୍ଥାନରେ ଏକ ମୋଟା ତମ୍ବା ଫଳକ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା $N=0$ ହୁଏ । M ସ୍ଥାନରେ ଗୋଟିଏ ଭଗ୍ନାଂଶିକ ରୋଧ-ବାକ୍ସ (Fractional Resistance-box) ନେଲେ Mର ମାନ ଜାଣିହୁଏ; ତେଣୁ ρ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ

$$\rho=\frac{M}{\rho(l_2-l_1)} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (15{\cdot}6(a)$$

(2) **ବ୍ରିଜ୍ ତାରର ଅଂଶାଙ୍କନ** (Calibration of Bridge wire) :

ବ୍ରିଜ୍ ତାରଟି ସବୁ ସ୍ଥାନରେ ସମାନ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦବିଶିଷ୍ଟ ହୋଇ ନ ପାରେ; ତେଣୁ ପରୀକ୍ଷାପୂର୍ବରୁ ତାହାର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଏକକ ରୋଧ



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·5(b))

ସହିତ କେତେ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ତାରର ରୋଧ ସମାନ, ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଏବଂ ଏହାକୁ ଅଂଶାଙ୍କନ କୁହାଯାଏ ।

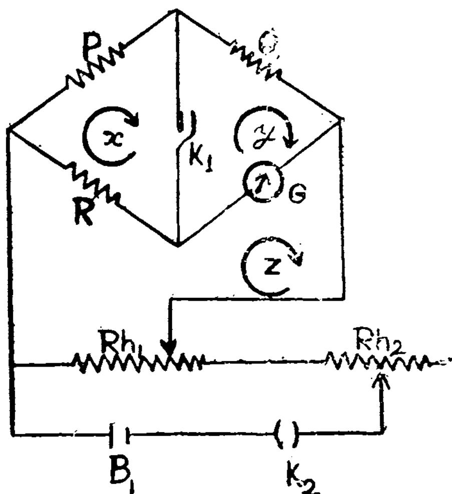
ତାର ABକୁ ବାମରୁ ଦକ୍ଷିଣକୁ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବରେ ଅଂଶାଙ୍କନ କରିବା ପାଇଁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ରୀତି ଅବଲମ୍ବନ କରାଯାଏ । ଏଠାରେ P ଓ Q ରୋଧ ପରିବର୍ତ୍ତେ [ଚିତ୍ର ନଂ 15.5(b)] AB ତାରସଦୃଶ ଅନ୍ୟ ଏକ ତାର CDକୁ X ଓ Y ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ [ଏହା ଅନ୍ୟ ଏକ ମିଟର ବ୍ରିଜ୍‌ର ତାର ହୋଇପାରେ] ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର Gକୁ ଏହାର ଏକ ବିନ୍ଦୁ Hରେ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ M ଏକ ମାନକ-ରୋଧ ଓ N ଏକ ମୋଟା ତମ୍ବାଫଳକ (ଅର୍ଥାତ୍ $N=0$) ହେଉ ।

Hର ଅବସ୍ଥାନ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରି AB ତାର ଉପରେ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ F_1କୁ Aର ଖୁବ୍ ନିକଟତମ କରାଯାଏ । ମନେକର F_1 ବିନ୍ଦୁ Aଠାରୁ l_1 ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ । ବର୍ତ୍ତମାନ Hର ସ୍ଥିର ରଖି M ଓ Nକୁ ଅଦଳବଦଳ କରାଯାଏ ଓ ନୂତନ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ F_2 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ମନେକର ଏହି ନୂତନ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ F_2 ବାମରେ ଥିବା A ବିନ୍ଦୁଠାରୁ l_2 ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ । ସୁତରାଂ F_1 ଓ F_2 ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା (l_2-l_1) ଦୈର୍ଘ୍ୟ ତାରର ରୋଧ$=M$ (ମାନକ ରୋଧ) । ବର୍ତ୍ତମାନ ଜକିକୁ F_2 ସ୍ଥାନରେ ରଖି ପୁନର୍ବାର M ଓ Nକୁ ଅଦଳବଦଳ କରାଯାଏ ଅର୍ଥାତ୍ Mକୁ ବାମ ଫାଙ୍କରେ ଓ ଶୂନ୍ୟ-ମାନର ରୋଧ Nକୁ ଦକ୍ଷିଣପାର୍ଶ୍ୱର ଫାଙ୍କରେ ରଖାଯାଏ ଓ H ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ବ୍ରିଜ୍‌କୁ ସମତୁଳନ କରାଯାଏ । ଏହାପରେ ପୁଣି Hକୁ ସ୍ଥିର ରଖି ପୁଣି M ଓ Nକୁ ଅଦଳ ବଦଳ କରାଯାଏ ଓ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ F_3 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ମନେକର F_3 ବିନ୍ଦୁ A ଠାରୁ l_3 ଦୂରରେ ଅବସ୍ଥିତ; ତେଣୁ ବର୍ତ୍ତମାନ F_3 ଓ F_2 ମଧ୍ୟରେ ଥିବା (l_3-l_2) ଦୈର୍ଘ୍ୟ ତାରର ରୋଧ$=M$ । ଏହିପରି ଭାବରେ ତାର ABର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ଅବିଚ୍ଛିନ୍ନ ଭାବରେ ମାନକ ରୋଧ M ସହିତ ତାରର ଯେଉଁ ଯେଉଁ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ରୋଧ ସମାନ ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

15.8 ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ରୋଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ (Determination of Resistance of a Galvanometer) :

(i) **ଟମସନ୍‌ଙ୍କ (କେଲଭିନ) ରୀତି** (Thomson's Method)—ଗୋଟିଏ ପୋଷ୍ଟ-ଅଫିସ ବାକ୍‌ସ ସାହାଯ୍ୟରେ ସାଧାରଣ ରୀତି ଅବଲମ୍ବନ କରି କୌଣସି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ରୋଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ; କିନ୍ତୁ ଏହି ରୀତିରେ ଅନ୍ୟ ଏକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । କେଲ୍‌ଭିନଙ୍କ ରୀତିରେ କିନ୍ତୁ ଯେଉଁ ଗାଲ୍‌ଭାନୋ-ମିଟର୍‌ର ରୋଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ଥାଏ, ତାହାରି ସାହାଯ୍ୟରେ ରୋଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ

କରାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ଅବଲମ୍ବନ କରିବାବେଳେ ଗୋଟିଏ ପୋଷ୍ଟ-ଅଫିସ ବାକ୍ସର ସାହାଯ୍ୟ ନିଆଯାଏ; କିନ୍ତୁ ସେଥିରେ ସଂଯୋଗ ପ୍ରଣାଳୀରେ ସାମାନ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର ଆବଶ୍ୟକୀୟ ସଂଯୋଗ ପ୍ରଣାଳୀ ଚିତ୍ର ନଂ 15·9ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ଏଠାରେ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ନିଜେ ୪ର୍ଥ ବାହୁରେ ଓ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ଯେଉଁ ସ୍ଥାନରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହେବାର କଥା, ସେଠାରେ ଗୋଟିଏ ଚାବି K_1 ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇଛି । ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ପରିପଥରେ ଥିବା ଚାବି K_2 ବନ୍ଦ କଲେ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ରିଓଷ୍ଟାଟ୍ Rh_1ରେ ସ୍ପର୍ଶ-ବିନ୍ଦୁ ବାମକୁ ଘୁଞ୍ଚାଇଲେ ପରିପଥରେ ତଥା ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ ପାଏ ଓ ଫଳରେ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ କମ୍ ହୁଏ । ଯେତେବେଳେ ରୋଧ $P=Q$, ସେତେବେଳେ Rର ଯେକୌଣସି ମାନ ପାଇଁ G ମଧ୍ୟରେ କିଛି ବିଦ୍ୟୁତପ୍ରବାହ ହୁଏ ଓ ତାହା ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହୁଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ B ଓ Dର ବିଭବ ସମାନ ହୋଇ ନ ପାରେ ! ସୁତରାଂ ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ଚାବି K_1 ଚିପିଲେ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହ-ମାତ୍ରାର ପୁନର୍ବଣ୍ଟନ (Redistribution) ହୁଏ ଓ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ରେ ବିକ୍ଷେପ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ; କିନ୍ତୁ ଯଦି $P=Q$ ହୁଏ ଓ Rର ମାନ ଏପରି ହୁଏ ଯେ $\frac{P}{Q}=\frac{R}{G}$ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଏହି ପରିସ୍ଥିତିରେ B ଓ Dର ବିଭବ ସମାନ ହେବ ଏବଂ K_1କୁ ଚିପିଲେ ପ୍ରବାହର ପୁନର୍ବଣ୍ଟନ ହେବ ନାହିଁ, ତେଣୁ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ରେ ବିକ୍ଷେପ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେବନାହିଁ । ସେତେବେଳେ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ରୋଧ $G=\frac{Q}{P}\times R$ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·6)

ତତ୍ତ୍ୱ :—ମନେକର ବାହୁ AB, BC, AD, DC, BD ଓ ACର ରୋଧ ଯଥାକ୍ରମେ P, Q, R, G, K_1 ଓ B_1 ଏବଂ ପରିପଥ $ABDA$, $BCDB$, ଓ $ADCB$'ରେ ଚକ୍ରୀୟ ପ୍ରବାହ x, y ଓ z ଓ ସେମାନେ ସମସ୍ତେ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ । ପରିପଥ $ABDA$ ଓ $BCDB$ ପ୍ରତି କିର୍ଚଫଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ

$$xP+(x-y)K_1+(x-z)R=0$$

$$YQ+(y-z)G+(y-x)K_1=0$$

K_1 ବନ୍ଦ ବା ମୁକ୍ତ ଥିଲାବେଳେ BD ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ହେଉ ନ ଥିବାରୁ

$$(x-y)=0$$

$$\therefore\ xP+(x-Z)R=0$$

$$yQ+(y-z)G=0$$

କିମ୍ବା $x(P+R)=ZR$

$$y(Q+G)=ZG$$

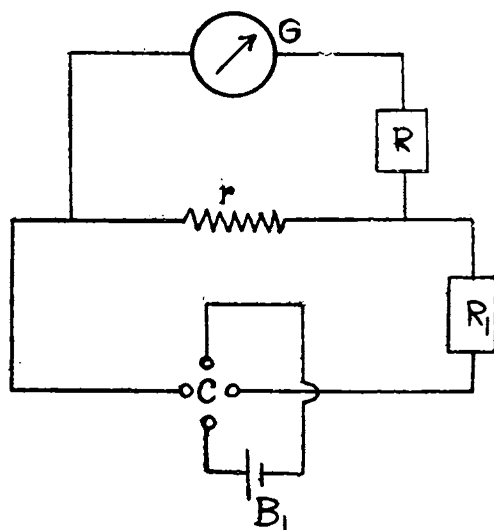
ହରଣ କରି $\dfrac{x(P+R)}{y(Q+G)}=\dfrac{R}{G}$

କିମ୍ବା $\dfrac{P+R}{Q+G}=\dfrac{R}{G}$; ($\therefore\ x=y$)

$$\therefore\ \frac{P}{Q}=\frac{R}{G} \text{ କିମ୍ବା } G=\frac{Q}{P}\times R \quad \cdots \qquad \cdots\cdots(15{\cdot}7)$$

Q, P ଓ Rର ମାନ ଜଣାଥିବାରୁ Gର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

(ii) **ଅର୍ଦ୍ଧବିକ୍ଷେପ ରୀତି** (Half-deflection Method) :—ଏହି ରୀତି ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ପରିପଥ ଚିତ୍ର ନଂ 15·7ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ ଗୋଟିଏ ଅଳ୍ପ ମାନର ରୋଧ r (=·1 ଓମ୍) R_1 ସହିତ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ଓ କମ୍ୟୁଟେଟର୍ C ମଧ୍ୟଦେଇ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 (ବି.ଗ୍ର.ବ.$=E$) ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ରୋଧ rର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ରୋଧ-ବାକ୍ସ R ମଧ୍ୟଦେଇ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·7)

ପ୍ରଥମେ R = 0 କରି ରୋଧ R_1ର ମାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ରୋଧ ଯେପରି ଅଧିକ ହୁଏ (ସ୍କେଲ ସୀମା ମଧ୍ୟରେ), ତାହାର

ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ବ୍ୟାଟେରୀ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା—

$$I = \frac{E}{R_1}$$

[$\because$ R_1 ତୁଳନାରେ ସମାନ୍ତରଭୁକ୍ତ r ଓ G ର ପରିଣାମୀ ରୋଧ ଖୁବ୍ କମ୍ ଓ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ନଗଣ୍ୟ]

ରୋଧ r ର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର $= \frac{E}{R_1} \times r$

ତେଣୁ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $I_1 = \frac{Er}{R_1 G} = K\theta$ · (15·8)

ଏଠାରେ K = ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଓ G = ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ ରୋଧ ବର୍ତ୍ତମାନ R_1 କୁ ସ୍ଥିର ରଖି ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ ପୂର୍ବ ମାନର ଅର୍ଦ୍ଧେକ $\left(=\frac{\theta}{2}\right)$ ହେବାପାଇଁ ତାହା ସହିତ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ରୋଧବାକ୍ସରେ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ରୋଧ R ନିଆଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା—

$$\therefore \quad I_2 = \frac{Er}{R_1(R+G)} = K\frac{\theta}{2} \quad \cdots \qquad \cdots (15·9)$$

ସମୀକରଣ (15·8) ଓ 15.9) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\frac{Er}{R_1(R+G)} = \frac{Er}{R_1 G}$$

କିମ୍ବା $2R_1 G = R_1 \ (R+G)$

କିମ୍ବା $2G = R + G$

$$\therefore \ G = R \quad \cdots \quad .... \quad .... \qquad (15·10)$$

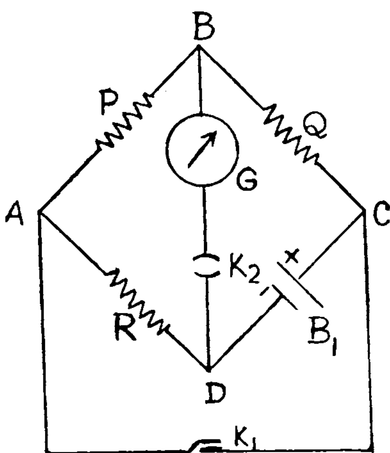
ଏହି ରୀତି ଏକ ପ୍ରାୟ ସଠିକ (Approximate) ରୀତି ଅଟେ ।

15.9 ବ୍ୟାଟେରିର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ – ମାନ୍‌ସେଙ୍କ ରୀତି (Determination of Internal Resistance of a Battery —Mance's Method) :

ହ୍ୱିଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ ବ୍ରିଜ୍‌ର ସଂଯୋଗ ପ୍ରଣାଳୀରେ ସାମାନ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀରେ ରୋଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ରୀତିର

ଆବଶ୍ୟକୀୟ ସଂଯୋଗ ପ୍ରଣାଳୀ ଚିତ୍ର ନଂ 15·8ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ ବ୍ରିଜ୍‌ର ୪ର୍ଥ ବାହୁରେ ଯେଉଁ ବ୍ୟାଟେରୀର (ରୋଧ = B_1) ରୋଧ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯିବା କଥା ତାହା ସଂଯୋଗ କରାଯାଏ ଓ ବ୍ୟାଟେରୀ ସ୍ଥାନରେ ଗୋଟିଏ ଟିପାଚାବି K_1 ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ପ୍ରଥମେ ଚାବି K_2 ବନ୍ଦ କରି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଏ ଓ ତାହାପରେ P, Q ଓ R ରୋଧର ଉପଯୁକ୍ତ ମାନ ନେଇ ଚାବି K_1 ଚିପିଲେ ଯେପରି ଏହି ବିକ୍ଷେପରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ନ ହୁଏ, ତାହାର ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ

$$\frac{P}{Q}=\frac{R}{B_1}$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·8)

$$\text{ବା } B_1=\frac{Q}{P}\times R \cdots \quad .... \quad \cdots (15{\cdot}11)$$

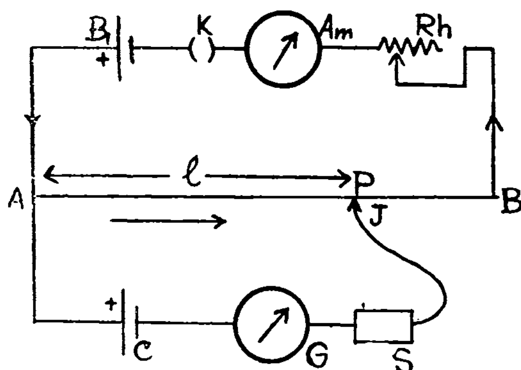
ସୁତରାଂ P, Q ଓ R ଜାଣି ବ୍ୟାଟେରୀର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ B_1 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

15.10 ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର (Potentiometer) :

ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ଖୁବ୍ ସୂକ୍ଷ୍ମ ଓ ଠିକ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ମାପକାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଏ । ଏହା ଗୋଟିଏ କାଠପଟା ଉପରେ ପ୍ରସାରିତ ଓ ମୋଟା ତମ୍ବା ଫଳକଦ୍ୱାରା ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ଦଶଗୋଟି ସମଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ଓ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଏକ ମିଟର ଦୈର୍ଘ୍ୟବିଶିଷ୍ଟ ମାଙ୍ଗାନିନ୍ ତାରଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଏହି ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ତାରର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତକୁ ଗୋଟିଏ ରିଓ-ଷ୍ଟାଟ୍ ମଧ୍ୟଦେଇ ଏକ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚାଳକ ବଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଚାଳକ (Driving) ସଞ୍ଚାୟକ କୋଷ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଫଳରେ ତାର ମଧ୍ୟରେ ଏକ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ତାରଟିର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ସମାନ ହୋଇଥିବାରୁ ସେଥିରେ ପ୍ରବାହ ଦିଗରେ ସମବିଭବପାତ (Uniform fall of Potential) ଘଟେ, ଅର୍ଥାତ୍ ତାରର ଯେକୌଣସି ଦୁଇବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର, ସେହି ଦୁଇବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ହୁଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ମାନକ-କୋଷ ସାହାଯ୍ୟରେ ବି: ଚା: ବ:,

ପ୍ରବାହମାତ୍ରା, ରୋଧ ଇତ୍ୟାଦି ସଠିକ ଭାବରେ ମାପ କରାଯାଇପାରେ ଏବଂ ଦୁଇ ବି.ଗ୍ଭ ବ.ର ତୁଳନା ମଧ୍ୟ କରାଯାଇପାରେ ।

(୧) **ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟରର ନୀତି** (Principle of Potentiometer).— ଚିତ୍ର ନଂ 15.9ରେ ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟରର ତାର AB ରିଓଷ୍ଟାଟ୍ Rh ଓ ଏମିଟର A ମଧ୍ୟଦେଇ ଚାଳକ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଚାବି K ବନ୍ଦ କଲେ ତାର ମଧ୍ୟରେ AB ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଯଦି କୋଷ Cର ବି:ଗ୍ଭ:ବ: ମାପ କରିବାକୁ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତାହାର ଯୁକ୍ତ-ଶେଷାଗ୍ରକୁ ତାର ABର ଯେଉଁ ପ୍ରାନ୍ତ (ଏଠାରେ A) ଚାଳକ ବ୍ୟାଟେରୀର ଯୁକ୍ତ ଶେଷାଗ୍ର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ, ସେହି ପ୍ରାନ୍ତ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ବିଯୁକ୍ତ-ଶେଷାଗ୍ରକୁ ଗୋଟିଏ



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·୨)

ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G ଓ ରୋଧ S ମଧ୍ୟଦେଇ ଜକି J ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଯଦି ତାର ABର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତି ରୋଧ P ହୁଏ ଓ ଜକି J ଯେତେବେଳେ ତାର ABକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରୁ ନ ଥାଏ, ସେତେବେଳେ AB ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ତାରର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତି ବିଭବପାତ $= PI$ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯଦି ଜକି J କୁ ତାର ABର P ବିନ୍ଦୁରେ ସ୍ପର୍ଶ କରାଯାଏ ଓ $AP = l$ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ A ଓ P ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର PlI ହେବ । ଏହି ବିଭବାନ୍ତର PlI କୋଷ Cର ବି:ଗ୍ଭ:ବ: ଠାରୁ (i) ଯଦି ଅଧିକ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ $ACGSP$ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେବ । (ii) ଯଦି ସମାନ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଗାଲଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ନାହିଁ ଓ ତାହାର ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ହେବ । (iii) ଯଦି କମ୍ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଗାଲଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପୂର୍ବ ପ୍ରବାହର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ଓ ତାହାର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବିକ୍ଷେପ ହେବ ।

(b) ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟରର ସୁବିଧା (Advantages of a Potentiometer) :—

(i) ଏଥିରେ ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ପଦ୍ଧତି ଅବଲମ୍ବନ କରାଯାଉଥିବାରୁ ଏହା ଗାଲଭାନୋମିଟରର ସଠିକତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

(ii) ଏହା ଯେଉଁ କୋଷ ବା ଉତ୍ସର ବି· ଗ୍ଲ· ବ· ମାପ କରାଯାଏ, ସେଥିରେ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତପ୍ରବାହ କରାଏ ନାହିଁ ।

(iii) ଏହାଦ୍ୱାରା ସଠିକ ମାପ କରାଯାଇପାରେ ।

(c) ସାବଧାନତା (Precaution) :—

(i) ତାର ABର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ A ଓ B ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ସର୍ବଦା ନିର୍ଣ୍ଣେୟ ବି.ଗ୍ଲ.ବ. ଠାରୁ ଅଧିକ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

(ii) ଚାଳକ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1ର ବି·ଗ୍ଲ.ବ. ଓ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସର୍ବଦା ସ୍ଥିର ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

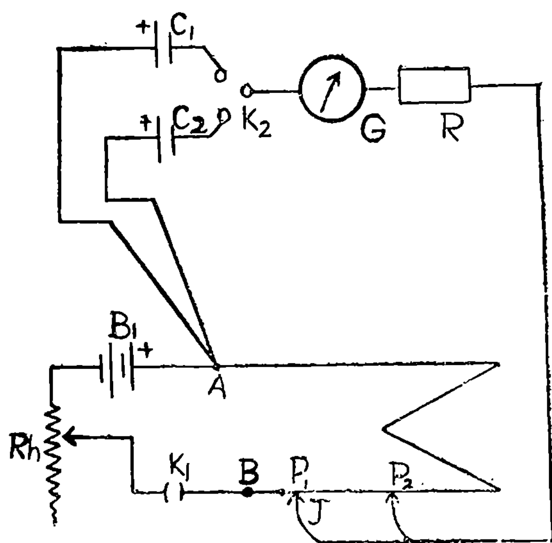
(iii) ପ୍ରାରମ୍ଭରେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ପାଇଁ ତାର AB ଉପରେ ଜକି Jର ଅବସ୍ଥାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାବେଳେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ଉଚ୍ଚ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପ୍ରବାହିତ ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ଥିବାରୁ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ସୁରକ୍ଷା ପାଇଁ ତାହା ସହିତ ଗୋଟିଏ ଉଚ୍ଚ ମାନର ରୋଧ S ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରିବା ବା ଗୋଟିଏ ନିମ୍ନ ମାନର ସଣ୍ଟ୍ ସମାନ୍ତରଭୁକ୍ତ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ ମିଳିବାପରେ ଏହି ରୋଧକୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରାଯାଇପାରେ ।

(iv) ଯେଉଁ କୋଷର ବି·ଗ୍ଲ·ବ. ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହୁଏ, ତାହାର ଯୁକ୍ତଶେଷାଗ୍ର ଓ ଚାଳକ-ବ୍ୟାଟେରୀର ଯୁକ୍ତଶେଷାଗ୍ର ତାର ABର ଏକ ପ୍ରାନ୍ତରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

15.11 ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଇଟି କୋଷର ବି·ଗ୍ଲ·ବ·ର ତୁଳନା (Comparision of e.m.f.'s of two Cells) :

ଏହି ପରୀକ୍ଷା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥର ଆରେଖ ଚିତ୍ର ନଂ 15·10 ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ ପୋଟେନସିଓମିଟର ତାର AB ଚାଳକ-ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ରିଓଷ୍ଟାଟ୍ Rh ଓ ଚାବି K_1 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ।

ମନେକର ଦୁଇଟି କୋଷ C_1 ଓ C_2 ର (ଯଥାକ୍ରମେ ବି. ଗ୍ଯ. ବ. E_1 ଓ E_2) ବି.ଗ୍ଯ ବ.ର ତୁଳନା କରିବାକୁ ହେବ । ଏହି କୋଷଦ୍ୱୟର ଯୁକ୍ତଶେଷାଗ୍ର, ମୂଳକ-କୋଷ B_1ର ଯୁକ୍ତଶେଷାଗ୍ର ଯେଉଁ A ବିନ୍ଦୁରେ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି ସେହିଠାରେ ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ବିଯୁକ୍ତ ଶେଷାଗ୍ର ଦ୍ୱିପଥ (Two Way) ଗୃବି K_2, ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର G ଓ ରୋଧ R ମଧ୍ୟଦେଇ ଜକି J ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·10)

ପ୍ରଥମେ ଗୃବି K_1 ବନ୍ଦକରି ତାର AB ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହ ପଠାଯାଏ । ମନେକର ତାର AB ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $= I$ ଓ ତାହାର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ରୋଧ $= \rho$ । ସୁତରାଂ ଏହି ତାରର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତି ବିଭବପାତ $= \rho I$ ।

ଏହାପରେ ଦ୍ୱିପଥ ଗୃବି K_2 ସାହାଯ୍ୟରେ କୋଷ C_1 ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରର ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ପାଇଁ ପୋଟେନ୍ସିଓମିଟର ତାର AB ଉପରେ ଜକି Jର ଅବସ୍ଥାନ P_1 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏଠାରେ ମନେକର $AP_1 = l_1$; ତେଣୁ $E_1 = \rho I l_1$ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ C_1 କୋଷକୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରି K_2 ସାହାଯ୍ୟରେ କୋଷ C_2 ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରର ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ପାଇଁ ଜକି Jର ନୂତନ ଅବସ୍ଥିତି P_2 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏଠାରେ ମନେକର $AP_2 = l_2$, ସୁତରାଂ $E_2 = \rho I l_2$ ।

$$\therefore \frac{E_1}{E_2} = \frac{\rho I l_1}{\rho I l_2} = \frac{l_1}{l_2} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (15\ 12)$$

15·12 ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ କୋଷର ବି.ଗ୍ନ.ବ. ମାପ (Measurement of e.m.f. of a Cell) :

ଉପରୋକ୍ତ ପରୀକ୍ଷାରେ ତୁଳନା କରାଯାଉଥିବା କୋଷଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ଯଦି ପ୍ରମିତ-କୋଷ (Standard Cadmium Cell) ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ତାହାର ବି.ଗ୍ନ.ବ. ସଠିକ ଜଣାଥିବାରୁ ଅନ୍ୟ କୋଷର ବି.ଗ୍ନ.ବ. ସଠିକ ଭାବରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ଯଦି E_2 ପ୍ରମିତ କୋଷର ବି.ଗ୍ନ.ବ. ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$E_1 = \frac{l_1}{l_2} \times E_2 \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (15.13)$$

ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ କ୍ଷୁଦ୍ର ବି.ଗ୍ନ.ବ. (ତାପ ବି.ଗ୍ନ.ବ.—Thermo e.m.f.) ମଧ୍ୟ ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ଏହା ଅନୁଚ୍ଛେଦ 16·21 ରେ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି ।

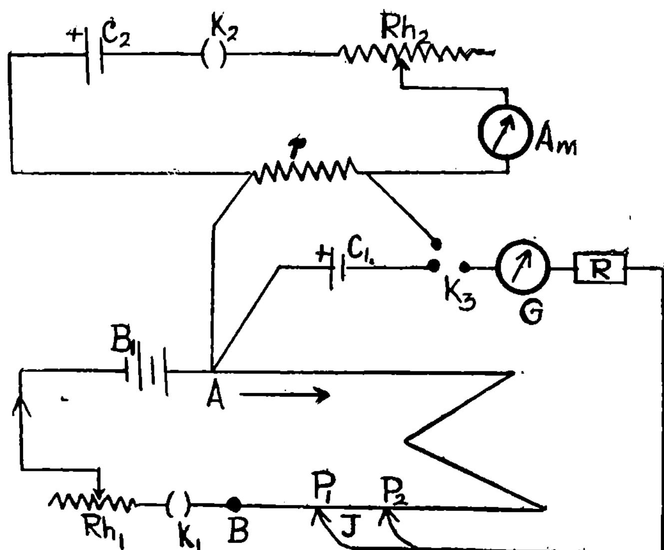
15.13 ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମାପ (Measurement of Current by Potentiometer) :

ଏହି ପରୀକ୍ଷା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥର ଆରେଖ ଚିତ୍ର ନଂ 15·11ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ଏଠାରେ ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର ତାର AB, ସ୍ତୂଳକ-କୋଷ B_1, ରିଓଷ୍ଟାଟ Rh_1 ଓ ସୁଇଚ K_1 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ତାରରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ପ୍ରବାହ ଦିଗରେ ସ୍ଥିର ବିଭବପାତ ହୁଏ । ରିଓଷ୍ଟାଟ Rh_1 ସାହାଯ୍ୟରେ AB ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା, ତଥା ବିଭବପାତ ଆବଶ୍ୟକ ଅନୁଯାୟୀ ନିୟନ୍ତ୍ରଣ କରାଯାଇପାରେ ।

କୋଷ C_2, ସୁଇଚ K_2, ରିଓଷ୍ଟାଟ Rh_2, ଏମିଟର A_m ଓ ଅଳ୍ପମାନର ରୋଧ r ଅନ୍ୟ ଏକ ପରିପଥ ଓ ସେଥିରେ ପ୍ରବାହିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I_1 ମାପ କରିବାକୁ ହେବ । ଏହି I_1 ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯୋଗୁ rର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବପାତ ହୁଏ । rର ଉଚ୍ଚ ବିଭବପ୍ରାନ୍ତ, ପ୍ରମିତ-କୋଷ C_1 ଓ ସ୍ତୂଳକ କୋଷ B_1ର ଯୁକ୍ତଶେଷାଗ୍ର ଏକ ବିନ୍ଦୁ Aରେ ସଂଯୁକ୍ତ । ରୋଧ rର ନିମ୍ନ ବିଭବପ୍ରାନ୍ତ ଓ ପ୍ରମିତ-କୋଷର ବିଯୁକ୍ତ ଶେଷାଗ୍ର ଦ୍ୱିପଥ ସୁଇଚ K_3, ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G ଓ ରୋଧ R ମଧ୍ୟଦେଇ ଜକି J ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ।

ପ୍ରଥମେ ସୁଇଚ K_1 ବନ୍ଦ କରି ତାର AB ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ପଠାଯାଏ । ଯଦି ତାରର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ରୋଧ ρ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ସେଥିରେ ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ

ପ୍ରଭ ବିଭବପାତ = ρI । ବର୍ତ୍ତମାନ ଗୃବ K_3 ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରମିତ-କୋଷ C_1 ସଂଯୁକ୍ତ କରି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ପାଇଁ ପୋଟେନସିଓମିଟର ତାର AB ଉପରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·11)

ଜକର ଅବସ୍ଥାନ P_1 ନିର୍ଣ୍ଣିତ କରାଯାଏ । ଏଠାରେ ମନେକର $AP_1=l_1$ । ଯଦି ପ୍ରମିତ-କୋଷର ବି. ଗୃ. ବ. E ହୁଏ, ତାହାହେଲେ $E=\rho Il_1$ । ଏହାପରେ କୋଷ C_1କୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରି ରୋଧ rର ନିମ୍ନ ବିଭବ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଗୃବ K_3 ସାହାଯ୍ୟରେ ଜକ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ପାଇଁ ତାର AB ଉପରେ ଜକ Jର ନୂତନ ଅବସ୍ଥାନ P_2 ନିର୍ଣ୍ଣିତ କରାଯାଏ । ଏଠାରେ ମନେକର $AP_2=l_2$ । ରୋଧ rର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ଯଦି e ହୁଏ, ତାହାହେଲେ $e=\rho Il_2$ ।

$$\therefore \frac{e}{E}=\frac{\rho Il_2}{\rho Il_1}=\frac{l_1}{l_2}$$

କିମ୍ବା $e=\dfrac{l_2}{l_1}\times E$

କିନ୍ତୁ $e=rI_1$, $\therefore I_1=\dfrac{l_2}{l_1}\times\dfrac{E}{r}$ ... ... (15·14)

ପରିଚିତ କୋଷର ବି. ଗ୍ଯ. ବ. E (=1·018 ଭୋଲ୍ଟ) ଓ ରୋଧ r (=·1 ଓମ୍) ଜଣାଥାଏ ତେଣୁ I_1ର ମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

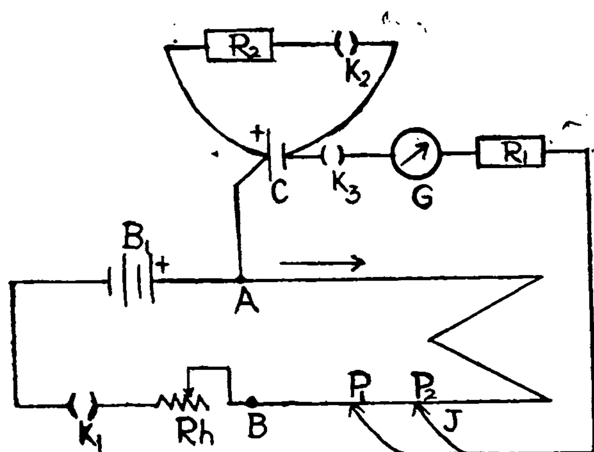
15·14 ପୋଟେନସିଓମେଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ଏମ୍ମିଟର କ୍ରମାଙ୍କନ (Calibration of Ammeter by Potentiometer) :

ଉପରୋକ୍ତ ପରୀକ୍ଷାରେ ରିଓଷ୍ଟାଟ୍ Rh_2ର ମାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି କୋଷ C_2ର ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇପାରେ ଓ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପୋଟେନ୍-ସିଓମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ସଠିକ ଭାବରେ ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ଏହିସବୁ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା C_2 ପରିପଥରେ ସଂଯୁକ୍ତ ଏମିଟର ମଧ୍ୟ ଦର୍ଶାଏ । ତେଣୁ ଏମିଟର ଦର୍ଶାଉଥିବା ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ ପୋଟେନସିଓମିଟର ନିର୍ଣ୍ଣୀତ ସଠିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସହିତ ତୁଳନା କରି ଏମିଟରର କ୍ରମାଙ୍କନ (Calibration) କରାଯାଇପାରେ ।

15·15 ପୋଟେନ୍ସିଓମିଟର୍ ସାହାଯ୍ୟରେ କୋଷର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ମାପ (Measurement of Internal Resistance of a Cell by potentiometer) :

ଏହି ପରୀକ୍ଷା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥର ଅାରେଖ ଚିତ୍ର ନଂ 15·12ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ଏଠାରେ ଚାଳକ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ସାହାଯ୍ୟରେ ଚାବି K_1 ଦ୍ୱାରା ପୋଟେନ୍ସିଓମିଟର ତାର AB ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ପ୍ରବାହ I ପଠାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ ରିଓଷ୍ଟାଟ୍ Rh ଦ୍ୱାରା ଆବଶ୍ୟକ ଅନୁଯାୟୀ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରାଯାଇ-ପାରେ । ମନେକର କୋଷ Cରେ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ r ମାପ କରାହେବ । ଏହି କୋଷ Cର ଓ ଚାଳକ-ବ୍ୟାଟେରୀ B_1ର ଯୁକ୍ତଶେଷ ଗ A ବିନ୍ଦୁରେ ସଂଯୁକ୍ତ । କୋଷ Cର ବିଯୁକ୍ତ-ଶେଷାଗ୍ର ଚାବି K_3, ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର G ଓ ରୋଧ R_1 ମଧ୍ୟଦେଇ ଜକି J ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । କୋଷ C ଗୋଟିଏ ରୋଧ R_2 ଓ ଚାବି K_2 ସହିତ ମଧ୍ୟ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ରଥମେ ଚାବି K_1 ବନ୍ଦ କରି ତାର AB ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ପଠାଯାଏ ଓ ତାରର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ରୋଧ ଯଦି ρ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ତାହାର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ବିଭବପାତ $= \rho I$ । ଏହାପରେ ଯେତେବେଳେ K_2 ଖୋଲିଥାଏ, ସେତେବେଳେ ଚାବି K_3 ସାହାଯ୍ୟରେ କୋଷ Cକୁ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରି ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଶୂନ ବିକ୍ଷେପ ପାଇଁ ତାର AB ଉପରେ ଜକି Jର ଅବସ୍ଥାନ P_1 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ମନେକର $AP_1 = l_1$ । ଯଦି କୋଷ Cର ବି. ଗ୍ଯ. ବ. E ହୁଏ, ତାହାହେଲେ $E = \rho I l_1$ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଚାବି K_2 ବନ୍ଦକରି ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଶୂନ୍ୟବିକ୍ଷେପ ପାଇଁ ତାର AB ଉପରେ ଜକି Jର ନୂତନ ଅବସ୍ଥାନ P_2 ନିର୍ଣ୍ଣୟ

କରାଯାଏ । ଏଠାରେ ମନେକର $AP_2 = l_2$ । ଏଠାରେ ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟ ଯେ ଗୁବି K_2 ବନ୍ଦ କଲେ, କୋଷ Cରୁ R_2 ମଧ୍ୟଦେଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ କୋଷ Cର ଦୁଇ



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·12)

ଶେଷାଗ୍ର ମଧ୍ୟରେ ବିଭବ ଭିନ୍ନ e ତାହାର ବି. ଚା. ବ. Eଠାରୁ କମ୍ ହୁଏ । ଏଠାରେ $e = \rho I l_2$ ।

$$\therefore \quad \frac{E}{e} = \frac{\rho I l_1}{\rho I l_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

ରୋଧ R_2 ସଂଯୁକ୍ତ ହେବାପରେ କୋଷ Cର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ରୋଧ R_2 ମଧ୍ୟରେ ଯଦି I_1 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$e = I_1 R_2 = \frac{E}{(R_2 + r)} \times R$$

$$\therefore \frac{E}{e} = \frac{R_2 + r}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

କିମ୍ବା $1 + \frac{r}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}$

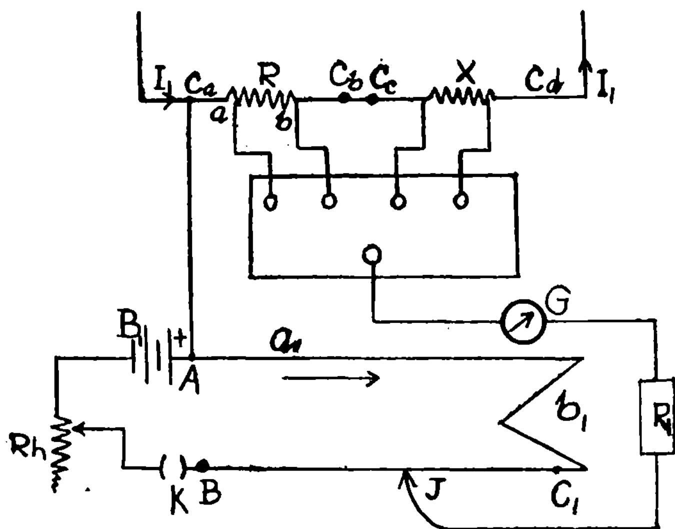
$$\therefore \quad r = \left(\frac{l_1}{l_2} - 1\right) R_2 = \frac{l_1 - l_2}{l_2} \times R_2 \; .... \quad ... \quad (15{\cdot}15)$$

ସୁତରାଂ l_1, l_2 ଓ R_s 'ଜାଣି କୋଷ Cର ଅଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ r ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

15·16 ପୋଟେନସିଓମିଟର୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ନମ୍ନମାନ ରୋଧ ମାପ

(Measurement of low resistance by Potentiometer) :

ଏକ ଓମ୍ କମ୍ବା ତାହାଠାରୁ କମ୍ ରୋଧ ସାଧାରଣତଃ ନମ୍ନମାନର ରୋଧ ଭାବରେ ପରିଗଣିତ ହୁଏ । କୌଣସି ନମ୍ନମାନର ରୋଧ ମାପ କରିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥର ଆରେଖ ଚିତ୍ର ନଂ 15·13ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ମୂଳକ-ବ୍ୟାଟେରୀ B_1ରୁ ରିଓଷ୍ଟାଟ୍ Rh ଓ ଚାବି K_1 ସାହାଯ୍ୟରେ ପୋଟେନସିଓମିଟର



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·13)

ତାର AB ମଧ୍ୟରେ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ପଠାଯାଏ । ଯଦି ତାର ABର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ରୋଧ ρ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ସେଥିରେ ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ବିଭବ ପାତ ρI ।

ନିର୍ଣ୍ଣେୟ ନମ୍ନମାନର ରୋଧ X ଓ ତାହାର ଏକ ତୁଳନୀୟ ମାନକ ରୋଧ R ଶ୍ରେଣୀବଦ୍ଧ ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଅନ୍ୟ ଏକ ବ୍ୟାଟେରୀରୁ (ଆଂଶିକ ଭାବରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ)

ଉକ୍ତ ପ୍ରବାହମାନ I_1 ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ଏହି ପ୍ରବାହମାନର ଏପରି ନିୟନ୍ତ୍ରିତ ହୋଇଥାଏ ଯେ ତାହାଦ୍ୱାରା R ଓ X ଉଭୟର ମୋଟ ବିଭବପାତ AB ତାରର A ଓ B ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବପାତଠାରୁ କିଛି କମ୍ ହୋଇଥାଏ । Rର ଯୁକ୍ତଶେଷାଗ୍ର (Positive Terminal) $C_{,,}$, ଚାଳକ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1ର ଯୁକ୍ତଶେଷାଗ୍ର ଯେଉଁ ବିନ୍ଦୁ Aରେ ସଂଯୁକ୍ତ ତାହା ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । Rର ବିଭବ ଶେଷାଗ୍ର (Potential terminal) a ଓ b ଏବଂ Xର ବିଭବ ଶେଷାଗ୍ର c ଓ d ଗୋଟିଏ ଚତୁଷ୍ପଥ (Fourway Key) ଚାବି K_2 ଖୋଲ୍‌ଟେଜ ପ୍ରୁଗ୍‌ଯୁକ୍ତ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର G ଓ ରୋଧ R_1 ମଧ୍ୟଦେଇ ଜକି J ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ।

ପ୍ରଥମେ K_1 ବନ୍ଦକରି ତାର AB ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହ ପଠାଯାଏ । ଏହାପରେ ଚାବି K_2 ଦ୍ୱାରା a, b, c ଓ d ବିନ୍ଦୁକୁ ଆନୁକ୍ରମିକ (Successively) ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ପାଇଁ ତାର AB ଉପରେ ଯଥାକ୍ରମେ ଜକି Jର ଅବସ୍ଥାନ a_1, b_1, c_1 ଓ d_1 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଯଦି a_1 ଓ b_1 ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା l_1 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$I_1 R = \rho I l_1$$

ସେହିପରି ଯଦି c_1 ଓ d_1 ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା l_2 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$I_1 X = \rho I l_2$$

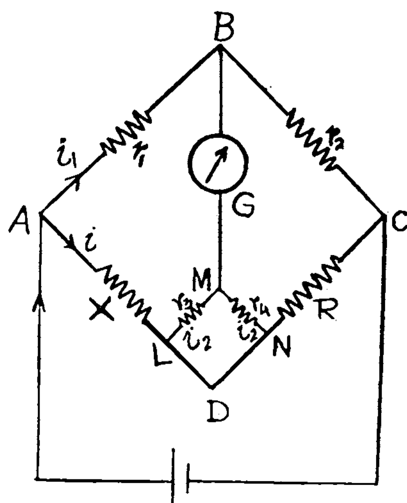
$$\therefore \frac{X}{R} = \frac{l_2}{l_1} \text{ କିମ୍ବା } X = R \times \frac{l_2}{l_1} \quad \cdots \quad \cdots \quad (15 \cdot 16)$$

ସାଧାରଣତଃ I_1ର ଭିନ୍ନ ମାନ ନେଇ ଓ ପ୍ରତ୍ୟେକ I_1 ପାଇଁ ଭିନ୍ନ I ନେଇ Xର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

15·17 କେଲ୍‌ଭିନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିସେତୁ ରୀତିଦ୍ୱାରା ନିମ୍ନମାନ ରୋଧ ମାପ (Kelvin Double bridge Method of measuring low resistance) :

ସାଧାରଣ ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ ବ୍ରିଜ ଅତି ନିମ୍ନ ମାନର ରୋଧ ମାପ କରିବା ପାଇଁ ଅନୁପଯୁକ୍ତ; କାରଣ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଂଯୋଗକାରୀ ତାର ତଥା ସଂଯୁକ୍ତ ବିନ୍ଦୁ (Junctions)ଗୁଡ଼ିକର ରୋଧକୁ ନଗଣ୍ୟ ଧରାଯାଇ ନ ପାରେ । ବୈଜ୍ଞାନିକ

ହୋଲାଭନ୍‌ଙ୍କ ଉଦ୍ଭାବିତ ବ୍ରିଜର ତତ୍ତ୍ୱ ଅବଲମ୍ବନ କରି ଏହା ସହଜରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ସେତୁର ଆରେଖ ଚିତ୍ର ନଂ 15·14ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·14)

X ଏକ ଅଜଣା କମ୍ମମାନର ରୋଧ ଓ R ଏକ ତୁଲମାସ୍ଥ ମାନକ ରୋଧ । r_1, r_2, r_3 ଓ r_4 ପ୍ରତ୍ୟେକ ଉଚ୍ଚ ମାନର ଜଣା ରୋଧ । ଏହି ରୋଧଗୁଡ଼ିକ ଏପରି କିଆଯାଏ ଯେ,

$$\frac{r_1}{r_2}=\frac{r_3}{r_4} \text{ ହୁଏ ଓ}$$

ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ । ବ୍ୟାଟେରୀରୁ ପ୍ରବାହିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବିଭାଜିତ ହୋଇ ବ୍ରିଜ୍‌ର ବିଭିନ୍ନ ପଥରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ମନେକର ଯେତେବେଳେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଶୂନ୍ୟ ସେତେବେଳେ X, r_1 ଓ r_3 ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା, ଯଥାକ୍ରମେ i, i_1 ଓ i_2 । ବର୍ତ୍ତମାନ B ଓ Mର ବିଭବ ସମାନ ହୋଇଥିବାରୁ

$$i_1 r_1 = iX + i_2 r_3 \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

ସେହିପରି $i_1 r_2 = iR + i_2 r_4 \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(ii)}$

କିମ୍ବା $iX = i_1 r_1 - i_2 r_3 \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(iii)}$

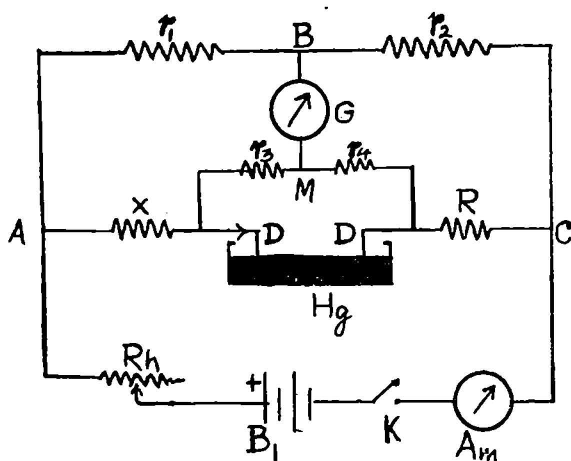
$$iR = i_1 r_2 - i_2 r_4 \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

କିମ୍ବା $$\frac{X}{R}=\frac{r_1\left(i_1 - i_2\frac{r_3}{r_1}\right)}{r_2\left(i_1 - i_2\frac{r_4}{r_2}\right)}=\frac{r_1}{r_2} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \text{(v)}$$

$$\left[\because \frac{r_1}{r_2}=\frac{r_3}{r_4}, \text{ ଅର୍ଥାତ୍ } \frac{r_3}{r_1}=\frac{r_4}{r_2}\right]$$

$$\therefore X=\frac{r_1}{r_2}\times R \quad \cdots \quad \cdots \quad (15\cdot17)$$

ସୁତରାଂ r_1, r_2 ଓ R ଜାଣି Xର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ପ୍ରକୃତ ପକ୍ଷରେ ମାନକ ରୋଧ R ଏକ ମୋଟା ଧାତବ ଦଣ୍ଡ ଓ ତାହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ ରୋଧ X ସହିତ



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·15)

ଗୋଟିଏ ପାରଦପାତ୍ରଦ୍ୱାରା ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । (ଚିତ୍ର ନଂ 15·15) ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଉଚ୍ଚ ମାନର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପଠାଯାଏ ।

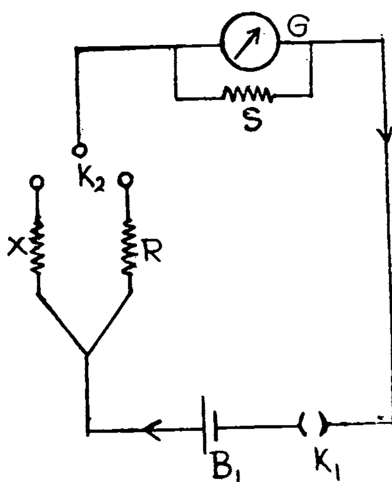
15·18 ଉଚ୍ଚମାନ ରୋଧ ମାପ (Measurement of High Resistance) :

ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ ବ୍ରିଜ୍ ସାଧାରଣତଃ ମେଗ୍‌ଓମ୍ କିମ୍ବା ତଦୂର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ରୋଧ ମାପ ପାଇଁ ଅନୁପଯୁକ୍ତ କାରଣ ଏହି ମାପ ସମୟରେ ବ୍ରିଜ୍‌ଟି ତାହାର ସୁଗ୍ରାହିତା ହରାଏ । ସେଥିପାଇଁ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀରୁ ଗୋଟିଏ ପ୍ରବାହ ସୁଗ୍ରାହୀ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G ମଧ୍ୟରେ ଅନୁକ୍ରମରେ ଏକ ଉଚ୍ଚ ମାନର ଅଜଣା ରୋଧ X ଓ ଏକ ତୁଳନୀୟ ଉଚ୍ଚମାନର ମାନକ ରୋଧ R ମଧ୍ୟଦେଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ କରାଯାଏ ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ବିକ୍ଷେପରୁ ତୁଳନାତ୍ମକ ଭାବରେ ଅଜଣା ରୋଧ Xର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥର ଆରେଖ ଚିତ୍ର ନଂ 15·16ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ K_2 ଏକ ଦ୍ୱି-ପଥ ଚାବି ଓ S ଏକ ସଣ୍ଟ୍ ।

ମନେକର ବ୍ୟାଟେରୀ B_1ର ବି.ଚା.ବ. $=E$, ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ରୋଧ $=G$ ପ୍ରଥମେ ଚାବି K_2 ଦ୍ୱାରା Rକୁ ବ୍ୟାଟେରୀ ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ

କରାଯାଏ ଓ ଫଳରେ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରରେ ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ । ମନେକର ଏହି ବିକ୍ଷେପ $= \theta_1$ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·16)

ମନେକର ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମୂଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $= I$, ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $= I_1'$ ଓ ସଣ୍ଟ୍ ରୋଧ $= S_1$

$$\therefore I_1' = I\frac{S_1}{S_1+G};$$ (ବ୍ୟାଟେରୀର ରୋଧ ନଗଣ୍ୟ ଧର)

$$\text{କିନ୍ତୁ } I = \frac{E}{R+\dfrac{S_1G}{S_1+G}} = \frac{E(S_1+G)}{R(S_1+G)+S_1G}$$

$$\therefore I_1' = \frac{E(S_1+G)}{R(S_1+G)+S_1G} \times \frac{S_1}{(S_1+G)}$$

$$= \frac{ES_1}{R(S_1+G)+S_1G} = K\,\theta_1 \quad \cdots \quad (15{\cdot}18)$$

ଏହାପରେ R କୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରି K_2 ସାହାଯ୍ୟରେ X କୁ ପରିପଥରେ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମନେକର ସଣ୍ଟ୍ର ରୋଧ $= S_2$, ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $= I_2'$ ଓ ବିକ୍ଷେପ $= \theta_2$ ।

ଉପରୋକ୍ତ ସ୍ଥିତିରେ

$$I_2' = \frac{ES_2}{X(S_2+G)+S_2G} = K\,\theta_2 \quad \cdots \quad (15{\cdot}19)$$

ସୁତରାଂ ସମୀକରଣ (15·18) କୁ (15·19) ଦ୍ୱାରା ଭାଗକଲେ

$$\frac{X(S_2+G)+S_2G}{R(S_1+G)+S_1G}\times\frac{S_1}{S_2}=\frac{\theta_1}{\theta_2} \quad \cdots \quad (15\cdot20)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରେ କେବଳ X ବ୍ୟତୀତ ଅନ୍ୟସମସ୍ତ ରାଶି ଜଣା; ତେଣୁ X ର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

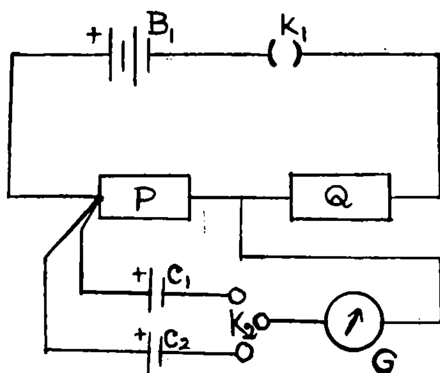
ଟିପ୍ପଣୀ :—ଯଦି X ଓ R ର ମାନ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ହୋଇଥାଏ, ତାହାହେଲେ ସଣ୍ଟ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ନାହିଁ । ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ $S_1=S_2=\infty$ ଏବଂ

$$\frac{X+G}{R+G}=\frac{\theta_1}{\theta_2}$$

15·19 ରାଲେ ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର (Rayleigh Potentiometer) :

ପୂର୍ବରୁ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଥିବା ପ୍ରସାରିତ ତାର ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟରରେ (Stretched Wire Potentiometer) ତାରର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦର ଅସମାନତା ଯୋଗୁଁ ଓ ତାରର ପ୍ରାନ୍ତ ଭାଗରେ ସଂସ୍ପର୍ଶ ଜନିତ ରୋଧ ଯୋଗୁଁ ମାପକାର୍ଯ୍ୟ ତ୍ରୁଟିପୂର୍ଣ୍ଣ ହୁଏ । ରାଲେଙ୍କ ଉଦ୍ଭାବିତ ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟରରେ ଏହି ତ୍ରୁଟି ନ ଥାଏ । ଏହି ପୋଟେନସିଓମିଟରରେ ପ୍ରସାରିତ ତାର ପରିବର୍ତ୍ତେ ଦୁଇଟି ରୋଧ-ବାକ୍ସ P ଓ Q ନିଆଯାଏ (ଚିତ୍ର ନଂ 15·17) ଓ ସେ ଦ୍ୱୟଙ୍କୁ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରି ଗୋଟିଏ ଚାଳକବ୍ୟାଟେରୀ B_1 (ବି.ଚା.ବ.$=E$) ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଏହି ପୋଟେନସିଓମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ବିଦ୍ୟୁତ୍ କୋଷର ବି.ଚା.ବ.ର ତୁଳନା କିମ୍ବା ପ୍ରମିତ-କୋଷର ସାହାଯ୍ୟ ନେଇ କୌଣସି କୋଷର ବି·ଚା·ବ. ନିର୍ଣ୍ଣୟ ଇତ୍ୟାଦି କରାଯାଇପାରେ ।

ମନେକର କୋଷ C_1 ଓ C_2 ର (ବି.ଚା.ବ. ଯଥାକ୍ରମେ E_1 ଓ E_2) ବି.ଚା.ବ ତୁଳନା କରିବାକୁ ହେବ । ଏହି କୋଷଦ୍ୱୟର ଯୁକ୍ତ-ଶେଷାଗ୍ରକୁ P ର ଯେଉଁ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଚାଳକ-ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ର ଯୁକ୍ତ-ଶେଷାଗ୍ର ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ସେହି ପ୍ରାନ୍ତରେ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ବିଯୁକ୍ତ ଶେଷାଗ୍ରକୁ ଦ୍ୱିପଥ ଚାବି K_2 ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G ମଧ୍ୟଦେଇ P ର ଅପର ପ୍ରାନ୍ତ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·17)

ପ୍ରଥମେ P ଓ Qରେ ମୋଟ 10000 (କିମ୍ବା 15000) ଓମ୍ ରୋଧ ନେଇ ଗୃଳକ ବ୍ୟାଟେରୀ B_1 ପରିପଥରେ ଏକ ସ୍ଥିର ପ୍ରବାହ ପଠାଯାଏ ଓ ଏହି ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପରୀକ୍ଷା ସମସ୍ତରେ ସର୍ବଦା ସ୍ଥିର ରଖାଯାଏ।

ଏହାପରେ K_2 ସାହାଯ୍ୟରେ C_1 କୋଷକୁ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ସହିତ ସଯୁକ୍ତ କରି ସେଥିରେ ଯେପରି ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ ସେଥିପାଇଁ Pରେ ଉପଯୁକ୍ତ ରୋଧ P_1 (ମନେକର) ନିଆଯାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ Qର ରୋଧ ଯଦି Q_1 ହୁଏ ତାହାହେଲେ $(P_1+Q_1)=(P+Q)$ ହେବା ଉଚିତ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ C_1କୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରି C_2 ସଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରର ଶୂନ୍ୟ ବିକ୍ଷେପପାଇଁ ମନେକର Pର ରୋଧ P_2 ଓ Qର ରୋଧ Q_2 ଏବଂ $(P_2+Q_2)=(P+Q)$ ।

ପ୍ରଥମ କ୍ଷେତ୍ରରେ P_1 ଓ Q_1 ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

$$I=\frac{E}{P_1+Q_1}$$

ଏବଂ P_1ର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର

$$=\frac{E}{P_1+Q_1}\times P_1$$

$$\text{ସମତୁଳନ ଅବସ୍ଥାରେ } \frac{E}{P_1+Q_1}\times P_1=E_1 \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(i)}$$

ଦ୍ୱିତୀୟ କ୍ଷେତ୍ରରେ P_2 ଓ Q_2 ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

$$I=\frac{E}{P_2+Q_2}$$

(ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସମାନ $\because P_1+Q_1=P_2+Q_2$)

ଏବଂ P_2ର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର

$$\frac{E}{P_2+Q_2}\times P_2$$

ସମତୁଳନ ଅବସ୍ଥାରେ

$$\frac{E}{P_2+Q_2} \times P_2 = E_2 \qquad \text{(ii)}$$

ସମୀକରଣ (i) ଓ (ii) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{EP_1}{P_1+Q_1} \Big/ \frac{EP_2}{P_2+Q_2} = \frac{P_1}{P_2} \quad \cdots \quad \cdots \quad (15{\cdot}21)$$

$$[\because (P_1+Q_1) = (P_2+Q_2)]$$

ସୁତରାଂ ∵ P_1 ଓ P_2 ଜଣା କୋଷଦ୍ୱୟର ବି.ଗ୍ର ବ. ତୁଳନା କରାଯାଇପାରେ ।

କୋଷଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ମନେକର C_2 ପ୍ରମିତ କୋଷ ହେଲେ, ତାହାର ବି.ଗ୍ର.ବ. E_2 ଜଣାଥିବାରୁ କୋଷ C_1 ର ବି ଗ୍ର.ବ. E_1 ସମୀକରଣ (15·21) ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

$$E_1 = \frac{P_1}{P_2} \times E_2$$

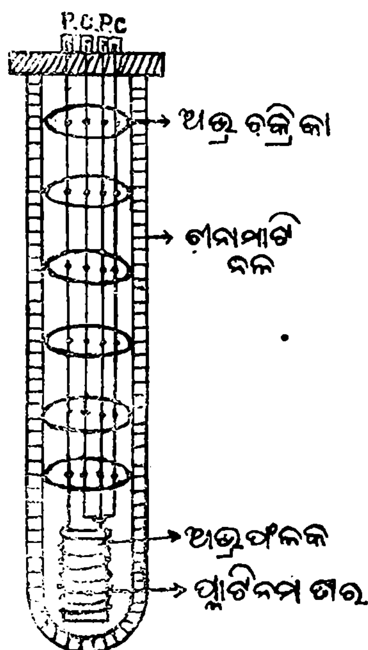
15.20 କାଲେଣ୍ଡର ଓ ଗ୍ରିଫିଥ୍‌ଙ୍କ ବ୍ରିଜ୍ (Callendar and Griffith's Bridge) :

ଏହା ଏକ ବିଶିଷ୍ଟ ଧରଣର ହୁଇଟଷ୍ଟୋନ୍ ବ୍ରିଜ୍ ଏବଂ ଏହାଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ **ପ୍ଲାଟିନମ୍ ରୋଧ ତାପମାନ ଯନ୍ତ୍ର** ଯାହାଯୋଗେ କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ତାପମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରଯାଇପାରେ ।

କାଲେଣ୍ଡର ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରାରେ ବିଶୁଦ୍ଧ ପ୍ଲାଟିନମର ରୋଧ ସର୍ବଦା ସମାନ ରହେ ଓ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ତାହାର ରୋଧ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟହାରରେ ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ତେଣୁ ଏହି ପ୍ଲାଟିନମ୍ ତାରର ରୋଧ ମାପ କରି ତାପମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ପ୍ଲାଟିନମ ତାର ଦ୍ୱାରା ନିର୍ମିତ ତାପମାନ ଯନ୍ତ୍ରକୁ **ପ୍ଲାଟିନମ୍ ରୋଧ ତାପମାନ ଯନ୍ତ୍ର** (Platinum Resistance Thermometer) କୁହାଯାଏ

ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ ଗୋଟିଏ ବିଶୁଦ୍ଧ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ତାରକୁ ଦୁଇ ପରସ୍ତ କରି (ଚିତ୍ର ନଂ 15.18) ଏକ ଅଭ୍ର ଫଳକ (ରୋଧୀ) ଉପରେ ଗୁଡ଼ାଯାଇଥାଏ ଓ ତାହାର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତକୁ

ଦୁଇଟି ମୋଟା ତମ୍ବା (700°C ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ) ବା ପ୍ଲାଟିନମ ତାର (ଉଚ୍ଚ ତାପମାତ୍ରା) PP ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ । ତାରକୁ ଦୁଇ ପରସ୍ତ କରି ପରସ୍ପରଠାରୁ ରୋଧିତ କରି ଗୁଡ଼ାଇଲେ ତାହା ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ (Inductive Effect) ଶୂନ୍ୟହୁଏ । ଏହି ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ମୋଟା ତମ୍ବା ବା ପ୍ଲାଟିନମ୍ ତାରର (Leads) ରୋଧକୁ ପରିପୂରଣ କରିବା ପାଇଁ (Compensate) ଠିକ୍ ସେହିପରି ଅନ୍ୟ ଦୁଇଟି ତମ୍ବା ବା ପ୍ଲାଟିନମ୍‌ର ମୋଟା ତାର CC ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ତାର PP ନିକଟରେ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥାଏ ଓ ଏହି CCର ନିମ୍ନ ପ୍ରାନ୍ତ ପରସ୍ପର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ପ୍ରାନ୍ତୀୟ ତାର CCକୁ "ପରିପୂରକ ପ୍ରାନ୍ତ" (Compensating leads) କୁହାଯାଏ । ସମସ୍ତ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିକୁ ଗୋଟିଏ ଚୀନାମାଟି ନଳୀ ମଧ୍ୟରେ ରଖି ନଳୀଟିକୁ ବନ୍ଦ କରାଯାଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·15)

ତତ୍ତ୍ୱ :—କାଲେଣ୍ଡାର ଦର୍ଶାଇଛନ୍ତି ଯେ ଯଦି θ°C ଓ 0°Cରେ ବିଶୁଦ୍ଧ ପ୍ଲାଟିନମର ରୋଧ, ଯଥାକ୍ରମେ R_θ ଓ R_0 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ସୀମିତ ତାପମାତ୍ରା ପରିସର ମଧ୍ୟରେ ଗ୍ୟାସ ତାପମାନ ଯନ୍ତ୍ର ସ୍କେଲରେ

$$R_\theta = R_0(1+\alpha\theta+\beta\theta^2) \quad \cdots \quad \cdots \quad (15{\cdot}22)$$

ଏଠାରେ α ଓ β ଦୁଇଟି ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଓ ବିଶୁଦ୍ଧ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ପାଇଁ

$$\alpha = 3{\cdot}94\times10^{-3} \text{ ଓ } \beta = -5{\cdot}8\times10^{-7}$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ θର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାପାଇଁ କାଲେଣ୍ଡର୍ ନିମ୍ନଲିଖିତ ରୀତି ଅବଲମ୍ବନ କରିଥିଲେ । ଯଦି ରୋଧ ତାପମାତ୍ରା ସହିତ ସରଳରୈଖିକ ଭାବରେ (Linearly) ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$R_t = R_0(1+\alpha t_p) \quad \cdots \quad \cdots \quad (15{\cdot}23)$$

ଏଠାରେ t_pକୁ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ତାପମାତ୍ରା କୁହାଯାଏ ।

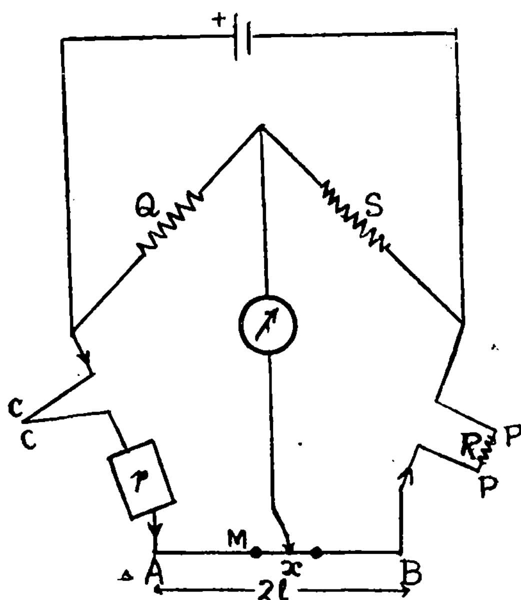
$$\text{ବର୍ତ୍ତମାନ, } t_p = \frac{R_t - R_0}{C_{100} - C_0}\times100 \quad \cdots \quad \cdots \quad (15{\cdot}24)$$

ଏଠାରେ $R_t = t°c$ରେ ରୋଧ, $R_{100} = 100°C$ରେ ରୋଧ, $R_0 = 0°C$ରେ ରୋଧ କରୁ ଏହି ପ୍ଲାଟିନମ୍ ସ୍କେଲ ତାପମାତ୍ରା t_p ଗ୍ୟାସ୍ ତାପମାନ ଯନ୍ତ୍ର ସ୍କେଲ ତାପମାତ୍ରା θଠାରୁ ସାମାନ୍ୟ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଓ ଦେଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସୂତ୍ରଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରଯାଇପାରେ ଏବଂ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ θ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାର

$$\theta - t_p = \delta\left\{\left(\frac{\theta}{100}\right)^2 - \frac{\theta}{100}\right\} \quad .... \quad (15{\cdot}25)$$

ଏଠାରେ δ ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଓ ବିଶୁଦ୍ଧ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ପାଇଁ $\delta = 1{\cdot}5$

କାର୍ଯ୍ୟପ୍ରଣାଳୀ :— ବିଭିନ୍ନ ତାପମାତ୍ରାରେ ($0°$, $100°$ ଓ $t°C$) ପ୍ଲାଟିନମ୍ ତାପମାନ ଯନ୍ତ୍ରର ରୋଧ କାଲେଣ୍ଡର ଗ୍ରିଫିଥ୍ଙ୍କ ବ୍ରିଜ ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପ କରାଯାଏ । ଏହା ଏକ ବିଶିଷ୍ଟଧରଣର ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ ବ୍ରିଜ ଓ ଏହାର ଆରେଖ ଚିତ୍ର ନଂ 15·19ରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 15·19)

ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି, ଏଠାରେ ଅନୁପାତ ବାହୁରେ $Q = S$ । ପ୍ଲାଟିନମ୍ ରୋଧ ତାପମାନ ଯନ୍ତ୍ର (= ରୋଧ R)କୁ ୪ର୍ଥ ବାହୁରେ ଓ ପରିପୂରକ ପ୍ରାନ୍ତ CCକୁ ଅନ୍ୟ ବାହୁ (Resistance arm)ରେ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ଏହି ରୋଧ ବାହୁରେ ଏକ ରୋଧ-

ବାକ୍ସ r ମଧ୍ୟ ସଂଯୁକ୍ତ । ଏଠାରେ AB ଏକ ତାର (ଦୈର୍ଘ୍ୟ $= 2l$) ଓ ତାହାର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ରୋଧ $= \rho$ । ମନେକର ପ୍ଲାଟିନମ୍ ପ୍ରାନ୍ତ (Platinum leads) ତଥା ପରିପୂରକ ପ୍ରାନ୍ତ (Compensatihg lead)ର ରୋଧ $= C$ ।

ଯଦି AB ତାରର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ Mର ଦକ୍ଷିଣକୁ x ଦୂରତ୍ୱରେ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ ମିଳେ, ତାହାହେଲେ;

$$\frac{Q}{S}=\frac{C+r+\rho(l+x)}{C+R+\rho(l-x)}$$

କିମ୍ବା $C+r+\rho\,(l+x)=C+R+\rho(l-x)$ $\quad [\because Q=S]$

କିମ୍ବା $R = r+2\rho x$ ... ... (15·26)

ρର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାପାଇଁ rର ମାନ ଏକ ଓମ ବୃଦ୍ଧି କରି ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ମନେକର ଏହି ନୂତନ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ Mର x_1 ଦକ୍ଷିଣକୁ

ସୁତରାଂ $R=r+2\rho x=(r+1)+2\rho x_1$

$$\therefore\ \rho=\frac{1}{2(x-x_1)} \quad .... \quad ... \quad ... \quad (15{\cdot}27)$$

ସୁତରାଂ ρ ଜାଣି ଯେକୌଣସି ତାପମାତ୍ରାରେ R ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । 0°C ଓ 100°Cରେ ରୋଧ R_0 ଓ R_{100} ଏବଂ ଅଜଣା ତାପମାତ୍ରା t°Cରେ ରୋଧ R_t ଜାଣି ସମୀକରଣ 15·24 ସାହାଯ୍ୟରେ t_p ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଓ ତାହାର ମାନ ସମୀକରଣ 15·25ରେ ବସାଇ θର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

ପ୍ଲାଟିନମ୍ ରୋଧ ତାପମାନ ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ −200°Cରୁ 300°C ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତାପମାତ୍ରା ସଠିକ ଭାବରେ ମାପ କରାଯାଇପାରେ ।

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. ମିଟର ବ୍ରିଜ୍‌ର ପ୍ରାନ୍ତ ସଂଶୋଧନ କଣ ଓ ତାହା କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ, ବୁଝାଇ ଦିଅ । ମିଟର ବ୍ରିଜ୍‌ରେ ପରୀକ୍ଷା କରିବାବେଳେ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁକୁ 50 ସେ.ମି.ର ଖୁବ୍ ନିକଟବର୍ତ୍ତୀ କରାଯାଏ କାହିଁକି ?

2. ମିଟରବ୍ରିଜ୍ ଓ କେରିଫଷ୍ଟେର୍ ବ୍ରିଜ୍ ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ । କେରି ଫଷ୍ଟେର ବ୍ରିଜ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ପ୍ରାୟ ସମାନ ରୋଧର ତାରତମ୍ୟ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ? ଏହି ପରୀକ୍ଷା ସମୟରେ ପ୍ରାନ୍ତ ରୋଧ (End-error) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ କି ?

3. ଅନ୍ୟ ଏକ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ସାହାଯ୍ୟ ନ ନେଇ ଗୋଟିଏ ମିଟର ବ୍ରିଜ୍ କିମ୍ବା ପୋଷ୍ଟ-ଅଫିସ ବାକ୍ସ ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ରୋଧ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ, ବୁଝାଇଦିଅ ।

4. ମାନ୍‌ସେଙ୍କ ରୀତି ଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀର ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ, ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

5. ଗୋଟିଏ ପ୍ରସାରିତ ତାର ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର୍‌ର କାର୍ଯ୍ୟ ନୀତି ବୁଝାଇଦିଅ ? ତାହାସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଇଟି କୋଷର ବି. ଚା. ବ. କିପରି ତୁଳନା କରାଯାଏ, ବୁଝାଇଦିଅ ।

6. ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା କିପରି ମାପ କରାଯାଏ ଓ ସୁତରାଂ ଗୋଟିଏ ଏମିଟର କିପରି ଅଂଶାଙ୍କନ କରାଯାଏ, ତାହା ସଂକ୍ଷେପରେ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

7. କେଲ୍‌ଭିନ୍‌ଙ୍କ ଦ୍ୱିସେତୁ ରୀତିଦ୍ୱାରା ନିମ୍ନମାନର ରୋଧ କିପରି ମାପ କରାଯାଏ, ବୁଝାଇଦିଅ । ସାଧାରଣ ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ ବ୍ରିଜ୍ ଦ୍ୱାରା ଏହା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା କାହିଁକି ଅନୁପଯୁକ୍ତ ବିବେଚିତ ହୁଏ ?

8. ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ନିମ୍ନମାନର ରୋଧ କିପରି ମାପ କରାଯାଏ ?

9. ମେଗ୍‌ଓମ୍ କିମ୍ବା ତଦୂର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ଉଚ୍ଚମାନର ରୋଧମାପ ପାଇଁ ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ ବ୍ରିଜ ରୀତି କାହିଁକି ଅନୁପଯୁକ୍ତ ? ଏହି ଉଚ୍ଚମାନ ରୋଧ ମାପ କରିବାର ଏକ ରୀତି ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

10. ରାଲେ ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟରର ତତ୍ତ୍ୱ ଓ କାର୍ଯ୍ୟରୀତି ବୁଝାଇଦିଅ ଓ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଇଟି କୋଷର ବି. ଚା. ବ. କିପରି ତୁଳନା କରାଯାଏ, ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

11. କାଲେଣ୍ଡର ଓ ଗ୍ରିଫିଥଙ୍କ ବ୍ରିଜ ଓ ପ୍ଲାଟିନମ ରୋଧ ତାପମାନ ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ଉଚ୍ଚ ତାପମାତ୍ରା କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ, ବୁଝାଇଦିଅ ।

12 1000 ସେ. ମି: ତାର ଦୈର୍ଘ୍ୟବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ପୋଟେନସିଓମିଟରରେ 400 ସେ: ମି: ଦୈର୍ଘ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ପ୍ରମିତ କାଡ଼ମିୟମ କୋଷ ସମତୁଳିତ ହୁଏ । ଏହି ପୋଟେନସିଓମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ସର୍ବାଧିକ କେତେ ବିଭବାନ୍ତର ମାପ କରାଯାଇପାରେ ?

ଷୋଡ଼ଶ ପରିଚ୍ଛେଦ

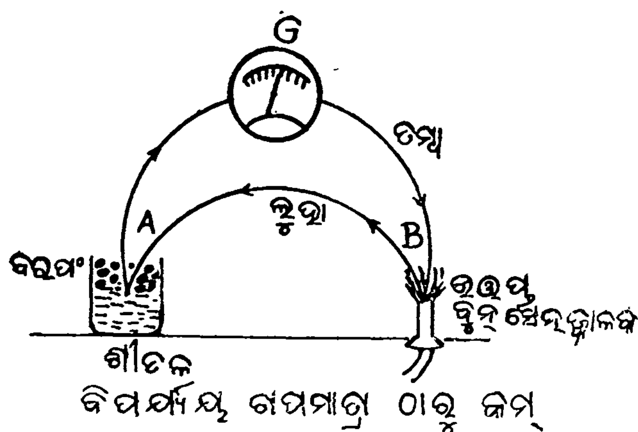
ତାପ ବିଦ୍ୟୁତ୍

(Thermo-Electricity)

16·1 ସୀବେକ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା (Seebcek Effcet) :

ଦୁଇଟି ବିଭିନ୍ନ ଧାତୁର ତାର ବା ଦଣ୍ଡର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତକୁ ପରସ୍ପର ସଂଯୁକ୍ତ କରି ତାହାର ଯେ କୌଣସି ଗୋଟିଏ ସଂଯୋଗ ସ୍ଥଳକୁ ଶୀତଳ ଓ ଅନ୍ୟଟିକୁ ଉତ୍ତପ୍ତ କଲେ, ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । 1826 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ଜର୍ମାନ ବୈଜ୍ଞାନିକ ସୀବେକ୍ (Seebeck) ଏହା ପ୍ରଥମେ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ ଓ ସେଥିପାଇଁ ଏହାକୁ **'ସୀବେକ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା'** କୁହାଯାଏ ।

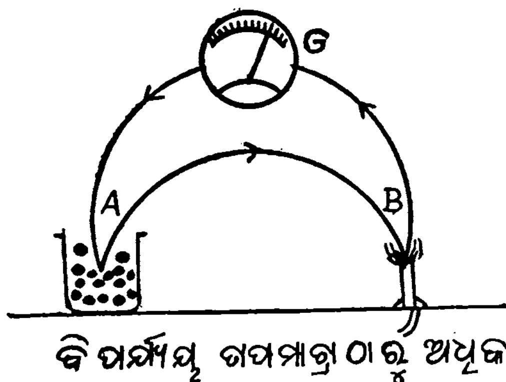
ଲୁହା ଓ ତମ୍ବାର ଦୁଇଟି ମୋଟା ତାର (ଚିତ୍ର ନଂ 16 1) ପରସ୍ପର ସହିତ *A* *B* ବିନ୍ଦୁରେ ସଂଯୁକ୍ତ ଏବଂ ଏକ ଭୋଲ୍ଟେଜ ସୁଗ୍ରାହୀ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର *G* ଏହି



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·1 (a))

ପରିପଥରେ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ । ସଂଗମସ୍ଥଳ *B*କୁ ବୁନସେନ୍ ଜ୍ୱାଳକଦ୍ୱାରା ଉତ୍ତପ୍ତ ଓ ସଂଗମସ୍ଥଳ *A*କୁ ବରଫଦ୍ୱାରା ଶୀତଳ କଲେ, ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ଆରମ୍ଭ ହୁଏ । ଏହି ପ୍ରବାହ

ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳରେ (ଯେତେବେଳେ ଏହି ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ବିପର୍ଯ୍ୟସ୍ତ ତାପ-ମାତ୍ରାଠାରୁ କମ୍) ତମ୍ବାରୁ ଲୁହା (ଚିତ୍ର ନଂ 16·1 (a)) ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଏବଂ



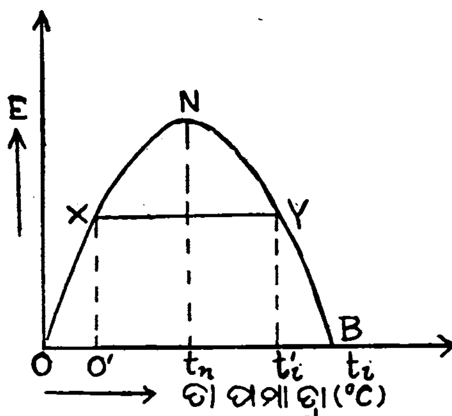
(ଚିତ୍ର ନଂ 16·1 (b))

ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରର ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଓ ତାହାର ଦିଗ ଜାଣିହୁଏ । ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହକୁ ତାପ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ (Thermo-Electric Current) କୁହାଯାଏ । ଉପରୋକ୍ତ ଖଣ୍ଡରେ ସଂଯୁକ୍ତ ଦୁଇ ବିଭିନ୍ନ ଧାତୁର ତାର ବା ଦଣ୍ଡକୁ ତାପ-ଯୁଗଳ (Thermo Couple) ଓ ତାହାର ପ୍ରତ୍ୟେକ ସଂଗମସ୍ଥଳକୁ ତାପ-ସଂଗମସ୍ଥଳ (Thermo-Junction) କୁହ ଯାଏ ।

16·2 ତାପ-ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାଳକ ବଳ :

ତାପଯୁଗଳରେ ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ, ତାହା ପରିପଥରେ ଏକ ବି.ଚା.ବ. ଉଦ୍ଭବ ହୋଇଥିବାର ସୂଚନା ଦିଏ । ଏହି ବି.ଚା.ବ.କୁ **ତାପ ବି.ଚା.ବ.** କୁହାଯାଏ । ସୁତରାଂ **ଦୁଇ ବିଭିନ୍ନ ଧାତୁରେ ନିର୍ମିତ ତାପଯୁଗଳର ଦୁଇ ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ତାପମାତ୍ରାର ତାରତମ୍ୟ ଯୋଗୁ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ବି.ଚା.ବ. ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ତାହାକୁ ତାପ-ବି.ଚା.ବ. କୁହାଯାଏ** । ଏହି ବି.ଚା.ବ.ର ମାନ ଓ ଦିଗ ତାପଯୁଗଳରେ ବ୍ୟବହୃତ ଦୁଇଧାତୁର ଉପାଦାନ ଓ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରାର ବ୍ୟବଧାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ତାପଯୁଗଳଟି ଯେଉଁ ତାପ-ଶକ୍ତି ଗ୍ରହଣ କରେ, ତାହା ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।

ତାପ ବି.ଚା.ବ. ଓ ତାପମାତ୍ରା ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ବନ୍ଧ :— ତାପଯୁଗଳର ବି.ଚା.ବ. ତାହାର ଦୁଇ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରାର ତାରତମ୍ୟ ଉପରେ କିପରି ନିର୍ଭର କରେ, ତାହା ଜାଣିବାପାଇଁ ଗୋଟିଏ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରଖାଯାଏ ଓ ଅନ୍ୟଟିର ତାପମାତ୍ରା କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଏ । ଯେଉଁ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରଖାଯାଏ, ତାହାକୁ **ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ସଂଗମସ୍ଥଳ** (Reference Junction) ଓ ଅନ୍ୟଟିକୁ **ପରୀକ୍ଷା ସଂଗମସ୍ଥଳ** (Test Junction) କୁହାଯାଏ । **ପରୀକ୍ଷା ସଂଗମସ୍ଥଳ**ର ତାପମାତ୍ରା କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧି କଲେ, ପରିପଥରେ ଉଦ୍ଭବ ବି.ଚା.ବ. କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧି (ଚିତ୍ର ନଂ 16.2) ପାଏ ଓ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରାରେ ତାହା ସର୍ବାଧିକ ହୁଏ । ଏହି ତାପମାତ୍ରାକୁ **ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରା** (Neutral Temperature) କୁହାଯାଏ । ଏହି ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରା ତାପଯୁଗଳରେ ବ୍ୟବହୃତ ଧାତୁର ଉପାଦାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ଓ କୌଣସି ଦୁଇ ଧାତୁ ପାଇଁ ତାହାର ମାନ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ । ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ଏହାପରେ କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧି କଲେ ବି.ଚା.ବ. କ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଏ ଓ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରାରେ ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଯାଏ । ଏହି ତାପମାତ୍ରାଠାରୁ ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ଅଧିକ ଅଧିକ ବୃଦ୍ଧି କଲେ ବି.ଚା.ବ. ପୁଣି ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ; କିନ୍ତୁ ତାହାର ଦିଗ ବିପରୀତ ହୋଇଯାଏ ଓ ଫଳରେ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ମଧ୍ୟ ବିପରୀତ ହୋଇଯାଏ, ଅର୍ଥାତ୍ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଲୁହା-ତମ୍ବା ଯୁଗଳରେ ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ଲୁହାରୁ ତମ୍ବା ଦିଗରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 16.1 (b) ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଯେଉଁ ତାପମାତ୍ରାରେ ବି.ଚା.ବ.ର ଦିଗ ବିପରୀତ ହୁଏ ସେହି ତାପମାତ୍ରାକୁ **ବିପର୍ଯ୍ୟସ୍ତ ତାପମାତ୍ରା** (Inversion Temperature) କହନ୍ତି । ଏହି ବିପର୍ଯ୍ୟସ୍ତ ତାପମାତ୍ରା ତାପଯୁଗଳର ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ଏବଂ ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରାଠାରୁ ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ଯେତେ କମ୍, ବିପର୍ଯ୍ୟସ୍ତ ତାପମାତ୍ରା ତାହାଠାରୁ ସେତେ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 16.2)

ଏକ ଲୁହା-ତମ୍ବା ତାପଯୁଗଳରେ ତାପମାତ୍ରା ସହିତ ବି.ଚା.ବ. କିପରି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ, ତାହା ଚିତ୍ର ନଂ 16.2ରେ ଗ୍ରାଫ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ

ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା 0°C ଓ ଏହି ତାପମାତ୍ରାରେ ପରୀକ୍ଷା ସଂଗମସ୍ଥଳ ଥିବାବେଳେ ବ.ଗ୍ନ.ବ. ଶୂନ୍ ହେବ । ପରୀକ୍ଷା ସଂଗମସ୍ଥଳ ଅର୍ଥାତ୍ ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ଏଠାରେ ୮ 0°C ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇଛି । ଏହି ତାପଯୁଗଳର ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରା $t_n = 285°C$ ଏବଂ ଏହି ତାପମାତ୍ରାରେ ବ ଗ୍ନ ବ. ସର୍ବାଧିକ ଓ ତାହା N ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିପର୍ଯ୍ୟସ୍ତ ତାପମାତ୍ରା $t_i = 570°C$ ଓ ଏହି ତାପମାତ୍ରାରେ ବ ଗ୍ନ.ବ. ଶୂନ୍ । ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ଯଦି 0'କୁ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ତାହାହେଲେ ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିପାଇବ ନାହିଁ କିନ୍ତୁ ବିପର୍ଯ୍ୟସ୍ତ ତାପମାତ୍ରା t_i ରୁ t_i'କୁ ଖସିଆସିବ, ଯେପରିକି $00' = t_i t_i'$ ହେବ ଏବଂ ଏଠାରେ ଗ୍ରାଫ୍‌ଟି ONB ବକ୍ରରେଖା ପରିବର୍ତ୍ତେ XNY ବକ୍ରରେଖା ହେବ । ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ଜଣାଯାଏ ଯେ, $t_n = \frac{t_i}{2}$ । ତାତ୍ତ୍ୱିକ ବା ଗାଣିତିକ ବିଚାର ଅନୁଯାୟୀ ମଧ୍ୟ t_n ଓ t_i ମଧ୍ୟରେ ଏହି ସମ୍ବନ୍ଧ ଥିବାର ଜଣାଯାଏ ।

କୌଣସି ତାପଯୁଗଳର ତାପମାତ୍ରା ଓ ବ. ଗ୍ନ. ବ. ଗ୍ରାଫ୍‌ଟି ବିପର୍ଯ୍ୟସ୍ତ ତାପମାତ୍ରା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ପରିବଳୟିକ (Parabolic) ହୋଇଥାଏ । ଶୀତଳ ସଂଯୋଗ ସ୍ଥଳରେ ତାପମାତ୍ରା ଯଦି $0°C$ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ବକ୍ରରେଖାଟିକୁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସମୀକରଣଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ—

$$E = at + \tfrac{1}{2}bt^2 \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (16{\cdot}1)$$

ଏଠାରେ E = ତାପ – ବ ଗ୍ନ. ବ.

t = ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ଏକକରେ ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଯୋଗ ସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ଏବଂ a ଓ b ଆଲୋଚ୍ୟ ତାପ-ଯୁଗଳର ଦୁଇଟି ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣକୁ ଅନ୍ତରକଳନ (Differentiation) କଲେ, ବ ଗ୍ନ. ବ.ର ତାପମାତ୍ରା ସହିତ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ମିଳେ ।

$$\frac{dE}{dt} = a + bt \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots\cdot \quad (16{\cdot}2)$$

ମନେକର ତାପମାତ୍ରା ଯେତେବେଳେ t_n, ସେତେବେଳେ E ସର୍ବାଧିକ;

କିନ୍ତୁ ଯେତେବେଳେ E ସର୍ବାଧିକ, ସେତେବେଳେ $\frac{dE}{dt} = 0$

$$\therefore \frac{dE}{dt} = a + bt_n = 0$$

କିମ୍ବା $t_n = -\frac{a}{b}$ ... . (16·3)

t_nକୁ ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରା କୁହାଯାଏ ଏବଂ a ଓ b ଜଣାଥିଲେ t_n ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିହେବ ।

ଯେଉଁ ତାପମାତ୍ରାରେ ବି. ଗ୍. ବ. ପୁଣି ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ, ତାହାକୁ ବିପର୍ଯ୍ୟସ୍ତ ତାପମାତ୍ରା କହନ୍ତି । ସୁତରାଂ ଯେତେବେଳେ ତାପମାତ୍ରା$=t_1$,

ସେତେବେଳେ $E=0$

$$\therefore \; E = a t_1 + \frac{1}{2} b t_1^2 = 0$$

କିମ୍ବା $a = -\frac{1}{2} b t_1$

କିମ୍ବା $t_1 = -\frac{2a}{b}$ ... ... (16·4)

ସମୀକରଣ (16·3) ଓ (16·4) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$t_n = -\frac{a}{b} = -\frac{1}{2}\left(\frac{2a}{b}\right) = \frac{1}{2} t_1 \quad \ldots \quad \ldots. \quad (16·5)$$

ସୁତରାଂ **ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରାଠାରୁ ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ଯେତେ କମ୍ ବିପର୍ଯ୍ୟସ୍ତ ତାପମାତ୍ରା ତାହାଠାରୁ ସେତେ ଅଧିକ ।**

16·3 ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶ୍ରେଣୀ (Thermo-electric Series) :

ବିଭିନ୍ନ ଧାତୁକୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ କ୍ରମରେ ସଜାଇ ଏକ ଶ୍ରେଣୀ ପ୍ରସ୍ତୁତ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ଶ୍ରେଣୀରେ ଧାତୁଗୁଡ଼ିକ ଏପରି କ୍ରମରେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ ଯେ, ସେଥିରେ ଥିବା ଯେକୌଣସି ଧାତୁକୁ ତାହାର ପରବର୍ତ୍ତୀ ଯେକୌଣସି ଧାତୁ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ଯେଉଁ ତାପଯୁଗଳ ତିଆରି ହୁଏ, ତାହାର ଶୀତଳ ସଂଯୋଗ ସ୍ଥଳରେ ପ୍ରଥମ ଧାତୁରୁ ଦ୍ୱିତୀୟ ଧାତୁକୁ (ଯଦି ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା t < ବିପର୍ଯ୍ୟସ୍ତ ତାପମାତ୍ରା) t_1

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଧାତୁର ଏହି କ୍ରମଦକ୍ଷାକୁ **ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶ୍ରେଣୀ** କୁହାଯାଏ । ଏହି ଶ୍ରେଣୀଟି ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା—

ଏଣ୍ଟିମନି	ସୁନା	ତମ୍ବା
ଲୁହା	ଇରିଡ଼ିୟମ୍	ପ୍ଲାଟିନମ୍
କାଡ୍‌ମିୟମ୍	କ୍ରୋମିୟମ୍	କୋବଲ୍ଟ
ଦସ୍ତା	ଟିଣ	ନିକେଲ
ରୂପା	ସୀସା	ବିସ୍‌ମଥ୍

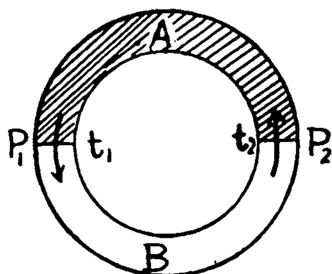
ଏଣ୍ଟିମନି ଓ ବିସ୍‌ମଥ୍‌ଦ୍ୱାରା ନିର୍ମିତ ତାପ-ଯୁଗଳରେ ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ଏଣ୍ଟିମନିରୁ (କ୍ରମଦକ୍ଷାରେ ପ୍ରଥମ) ବିସ୍‌ମଥ୍ (କ୍ରମଦକ୍ଷାରେ ପରବର୍ତ୍ତୀ) ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ (ଯଦି ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥାନର ତାପମାତ୍ରା $t <$ ବିପର୍ଯ୍ୟୟ ତାପମାତ୍ରା t_1) ପ୍ରବାହିତ ହେବ ।

16·4 ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ତତ୍ତ୍ୱ ସାହାଯ୍ୟରେ ତାପ-ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉତ୍ପତ୍ତିର ବ୍ୟାଖ୍ୟା :—

ପଦାର୍ଥର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଧାତୁ ମଧ୍ୟରେ ବହୁସଂଖ୍ୟକ ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ଥାଏ ଏବଂ ଗ୍ୟାସ ଅଣୁପରି ଏହି ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍‌ଗୁଡ଼ିକ ଧାତୁ ମଧ୍ୟରେ ଏଣେ ତେଣେ ବିଚରଣ କରନ୍ତି ଓ ଚାପ ମଧ୍ୟ ପ୍ରୟୋଗ କରନ୍ତି । ଏହି ଚାପକୁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନୀୟ ଚାପ କୁହାଯାଏ । ବିଭିନ୍ନ ଧାତୁର ଏକକ ଘନକ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରତି ଏହି ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ୍ ସଂଖ୍ୟା (ଅର୍ଥାତ୍ ଘନତ୍ୱ) ଭିନ୍ନ ; ତେଣୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରାରେ ସେମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନୀୟ ଚାପ ମଧ୍ୟ ପରସ୍ପରଠାରୁ ଭିନ୍ନ । ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲେ ଏହି ଚାପ ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ଯେତେବେଳେ ଦୁଇଟି ବିଭିନ୍ନ ଧାତୁ ପରସ୍ପରକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରନ୍ତି, ଘନତ୍ୱର ସାମ୍ୟ ରକ୍ଷା କରିବା ପାଇଁ ସେତେବେଳେ ଉଚ୍ଚ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନୀୟ ଚାପବିଶିଷ୍ଟ ଧାତୁରୁ ନିମ୍ନ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନୀୟ ଚାପବିଶିଷ୍ଟ ଧାତୁକୁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନଗୁଡ଼ିକ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେବା ପାଇଁ ପ୍ରବୃତ୍ତ ହୁଅନ୍ତି ଓ ଫଳରେ ଦୁଇଧାତୁ ମଧ୍ୟରେ ସେମାନଙ୍କର ସଂସ୍ପର୍ଶ ସ୍ଥଳରେ ଏକ ବିଭବାନ୍ତର ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ । ଏହି ବିଭବାନ୍ତରକୁ ସଂସ୍ପର୍ଶ ବିଭବାନ୍ତର କୁହାଯାଏ ଓ ଏହା ଦୁଇଧାତୁର ଉପାଦାନ ଏବଂ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ଦୁଇଟି ଭିନ୍ନ ଧାତୁ M_1 ଓ M_2 (ଚିତ୍ର ନଂ. 6·3) ପରସ୍ପର ସହିତ P_1 ଓ P_2 ବିନ୍ଦୁରେ ସଂଯୁକ୍ତ । ଏଠାରେ M_1ର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନୀୟ M_2 ତୁଳନାରେ ଅଧିକ; ତେଣୁ ଘନତ୍ୱର ସାମ୍ୟତା ପ୍ରତିଷ୍ଠିତ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ M_1ରୁ M_2କୁ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ

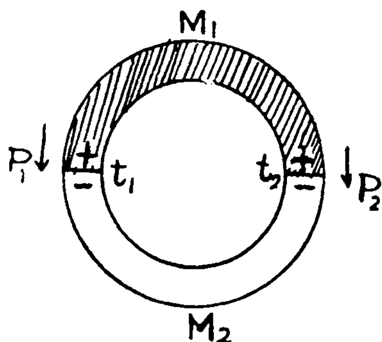
ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେବା ପାଇଁ ପ୍ରବୃତ୍ତ ହେବ ଏବଂ ଏହି ଫଳରେ P_1 ଓ P_2 ବିନ୍ଦୁରେ M_1 ଓ M_2 ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ଉଦ୍ଭବ ହେବ । ଯଦି ଉଭୟ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ସମାନ ହୋଇଥାଏ, ତାହାହେଲେ ଗୋଟିଏ ସଂଗମସ୍ଥଳର ବି. ଚା. ବ. ଅପର ସଙ୍ଗମସ୍ଥଳର ବି. ଚା. ବ. ସହିତ ସମାନ ଓ ବିପରୀତମୁଖୀ ହୁଏ ଏବଂ ସେହି କାରଣରୁ ପରିପଥରେ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ନାହିଁ; କିନ୍ତୁ ଯଦି ଗୋଟିଏ ସଙ୍ଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ଅଧିକ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ସେହି ସଙ୍ଗମସ୍ଥଳର ବି. ଚା. ବ. ଅନ୍ୟ ସଙ୍ଗମସ୍ଥଳର ବି. ଚା. ବ. ତୁଳନାରେ ଅଧିକ ହେବ ଓ ବି. ଚା. ବ.ର ଏହି ତାରତମ୍ୟ ଯୋଗୁ ପରିପଥରେ ତାପ-ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେବ । ଏଠାରେ ତାପଶକ୍ତି ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।



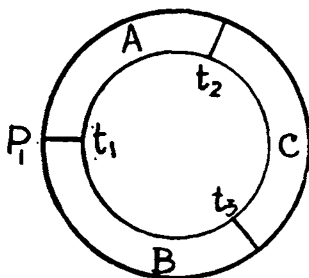
(ଚିତ୍ର ନଂ 16·3)

16·5 ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ଧାତୁ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ନିୟମ (Law of Intermediate-Metals) :

ଗୋଟିଏ ତାପ-ଯୁଗଳର ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ସ୍ଥାନରେ ଯଦି ଗୋଟିଏ ତୃତୀୟ ଧାତୁକୁ ଏପରି ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଯେ ତାହାର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତର



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·4)



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·5)

ତାପମାତ୍ରା ସମାନ ରହେ, ତାହାହେଲେ ତାପଯୁଗଳର ତାପ-ବି. ଚା. ବ.ର କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ ନାହିଁ ।

ଚିତ୍ର ନଂ 16·4ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ତାପଯୁଗଳର A ଓ B ଧାତୁଦ୍ୱୟ ପରସ୍ପରରେ P_1 ଓ P_2 ବିନ୍ଦୁରେ ସଂଯୁକ୍ତ ଏବଂ ଏହି ସଂଗମସ୍ଥଳଦ୍ୱୟର ତାପମାତ୍ରା ଯଥାକ୍ରମେ t_1 ଓ t_2 । ମନେକର $t_2 > t_1$ ଏବଂ ତାପଯୁଗଳର ତାପ ବି. ଗ୍ର. ବ. $= E_{AB}$ । ଯଦି ସଂଗମସ୍ଥଳ P_2କୁ ଖୋଲି ସେଠାରେ ତୃତୀୟ ଧାତୁ C (ଚିତ୍ର ନଂ 16·5) ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ତାହାର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତବିନ୍ଦୁକୁ ପୂର୍ବ ତାପମାତ୍ରା t_2ରେ ରଖାଯାଏ, ତାହାହେଲେ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିର ତାପ ବି. ଗ୍ର. ବ. E_{AB}ରେ କୌଣସି ପରିବର୍ତ୍ତନ ହେବ ନାହିଁ ।

ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ଧାତୁ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ନିୟମ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସୂତ୍ରଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

$$E_{AB} = E_{AC} + E_{CB}$$

$$E_{AB} = E_{AC} - E_{BC} \quad \cdots \quad (16{\cdot}6)$$

16.6 ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ତାପମାତ୍ରା ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ନିୟମ (Law of Intermediate Temperatu e) :

ଯଦି କୌଣସି ତାପ-ଯୁଗଳର ଦୁଇ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା t_1 ଓ t_2 ହୋଇଥିବାବେଳେ ତାହାର ତାପ-ବି ଗ୍ର. ବ. E_1^2, ତାପମାତ୍ରା t_2 ଓ t_3 ହୋଇଥିବାବେଳେ ତା.ପ ବି. ଚା ବ. E_2^3 ଏବଂ ତାପମାତ୍ରା t_1 ଓ t_3 ହୋଇଥିବାବେଳେ, ତାପ-ବି. ଚା. ବ. E_1^3 ହୁଏ ତାହାହେଲେ,

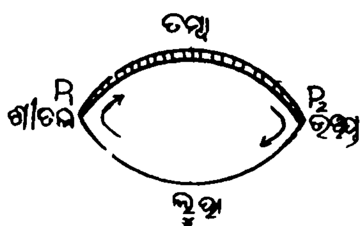
$$E_1^3 = E_1^2 + E_2^3$$

16·7 ପେଲ୍ଟିୟର ପ୍ରକ୍ରିୟା (Peltier Effect) :

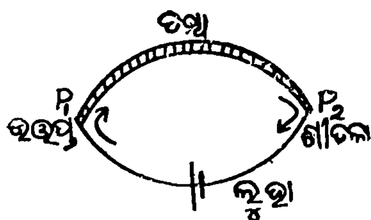
ବୈଜ୍ଞାନିକ ପେଲ୍ଟିୟର 1834 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ସୀବେକ ପ୍ରଭାବର ବିପରୀତ ପ୍ରଭାବ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ । ସେ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ ଦୁଇଟି ବିଭିନ୍ନ ଧାତୁର ତାରର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ପରସ୍ପର ସଂଯୁକ୍ତ କରି ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ପଠାଇଲେ ତାହାର ଦୁଇ-ସଂଗମସ୍ଥଳ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ଉତ୍ତପ୍ତ ଓ ଅନ୍ୟଟି ଶୀତଳ ହେବ । ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ବିପରୀତ କରିଦେଲେ ପୂର୍ବରୁ ଉତ୍ତପ୍ତ ହୋଇଥିବା ସଂଗମସ୍ଥଳଟି ଶୀତଳ ହୋଇଯାଏ ଓ ଶୀତଳ ହୋଇଥିବା ସଂଗମସ୍ଥଳଟି ଉତ୍ତପ୍ତ ହୋଇଯାଏ ।

ତମ୍ବା-ଲୁହା ତାପଯୁଗଳର ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳ (P_1)ରେ ଲୁହାରୁ ତମ୍ବା ଦିଗରେ ଓ ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳ (P_2)ରେ ତମ୍ବାରୁ (ସୀବେକ ପ୍ରଭାବ) ଲୁହା ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ (ଚିତ୍ର ନଂ 16·6) ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ; କିନ୍ତୁ ଏହି ଯୁଗଳରେ ଲୁହା ତାର ମଧ୍ୟରେ

ଏକ ବ୍ୟାଟେରୀ ସଂଯୁକ୍ତ (ଚିତ୍ର ନଂ 16·7) କରି ସଂଗମସ୍ଥଳ P_1ରେ ଲୁହାରୁ ତମ୍ବା ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ପ୍ରବାହ କରାଇଲେ ଏହି ସଂଗମସ୍ଥଳଟି ଉତ୍ତପ୍ତ ହେବ ଓ ଅନ୍ୟ



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·6)



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·7)

ସଂଗମସ୍ଥଳଟି ଶୀତଳ ହେବ । ବର୍ତ୍ତମାନ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ବିପରୀତ କଲେ, ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳ (P_1) ଶୀତଳ ଓ ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳ (P_2) ଉତ୍ତପ୍ତ ହେବ ।

ପେଲ୍‌ଟିୟରଙ୍କ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଓ ଜୁଲଙ୍କ ତାପ ଉତ୍ପାଦନ ପ୍ରକ୍ରିୟା —

ପେଲ୍‌ଟିୟର ପ୍ରଭାବ ଜୁଲ୍‌ଙ୍କ ତାପ ଉତ୍ପାଦନ ପ୍ରଭାବଠାରୁ ଭିନ୍ନ; କାରଣ —

(i) ଜୁଲ-ତାପ (Joule-heat) ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ବର୍ଗ i^2 ସହିତ ସମାନୁପାତୀ; କିନ୍ତୁ ପେଲ୍‌ଟିୟର ପ୍ରବାହଜନିତ ତାପ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।

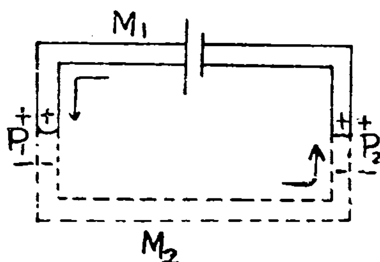
(ii) ଜୁଲ୍-ତାପ ପରିପଥରେ ଥିବା ସମସ୍ତ ରୋଧ ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ରୋଧ କେବଳ ଉତ୍ତପ୍ତ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ପେଲ୍‌ଟିୟର ପ୍ରଭାବ କେବଳ ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ପରିଷ୍ଫୁଟ ହୁଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା ଗୋଟିଏ ସଂଗମସ୍ଥଳ ଉତ୍ତପ୍ତ ଓ ଅପରଟି ଶୀତଳ ହୁଏ ।

(iii) ଜୁଲ-ତାପ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ଯେକୌଣସି ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ମଧ୍ୟ ରୋଧ ମଧ୍ୟରେ ଜୁଲ୍‌ତାପ ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ପେଲ୍‌ଟିୟର ପ୍ରକ୍ରିୟା ପ୍ରବାହର ଦିଗ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଏକ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ଯଦି ଗୋଟିଏ ସଂଗମସ୍ଥଳର ଉତ୍ତପ୍ତ ଓ ଅନ୍ୟଟି ଶୀତଳ ହୁଏ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ପୂର୍ବେ ଉତ୍ତପ୍ତ ସଙ୍ଗମସ୍ଥଳଟି ଶୀତଳ ଏବଂ ପୂର୍ବେ ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳ ଉତ୍ତପ୍ତ ହୁଏ ।

16.8 ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ତତ୍ତ୍ୱ ସାହାଯ୍ୟରେ ପେଲ୍‌ଟିୟରର ପ୍ରଭାବର ବ୍ୟାଖ୍ୟା :

ପୂର୍ବରୁ ଜଣାଯାଇଛି ଯେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଧାତୁରେ ବହୁସଂଖ୍ୟକ ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ଥାଏ ଓ ସେଗୁଡ଼ିକ ଧାତୁ ମଧ୍ୟରେ ଗ୍ୟାସ ଅଣୁ ପରି ଏଣେ ତେଣେ ବିଚରଣ କରନ୍ତି ଏବଂ ଚାପ ପ୍ରୟୋଗ କରନ୍ତି । ବିଭିନ୍ନ ଧାତୁର ଏକକ ଘନକ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରତି ମୁକ୍ତ ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନ ସଂଖ୍ୟା ଭିନ୍ନ; ତେଣୁ ସେମାନଙ୍କର ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନୀୟ ଚାପ ପରସ୍ପରଠାରୁ ଭିନ୍ନ । ଯେତେବେଳେ ଦୁଇଟି ବିଭିନ୍ନ ଧାତୁର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତକୁ ପରସ୍ପର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ, ସେତେବେଳେ ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ସଂସ୍ପର୍ଶ ବି·ଗ୍ର·ବ. ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ଏବଂ ଉଭୟ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ସମାନ ହୋଇଥିଲେ, ଗୋଟିଏ ସଂଗମସ୍ଥଳର ବି ଗ୍ର ବ· ଅନ୍ୟ ସଂଗମସ୍ଥଳର ବି·ଗ୍ର.ବ· ସହିତ ସମାନ ଓ ବିପରୀତମୁଖୀ ହୁଏ, ତେଣୁ ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ନାହିଁ । ତାପ-ଯୁଗଳରେ ବ୍ୟାଟେରୀ ସଂଯୁକ୍ତ ହେଲେ ଦୁଇ ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ଯେଉଁ ବାହ୍ୟ ବି ଗ୍ର.ବ. ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୁଏ ତାହା ଫଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ।

ସଙ୍ଗମସ୍ଥଳ P_1 ରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 16·8) ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ସଂଗମ ବି.ଗ୍ର ବ·ର ଅନୁକୂଳରେ ଗତିକରେ ହୁଏ; ତେଣୁ ଶକ୍ତି ଗ୍ରହଣ କରେ । ତେଣୁ P_1 ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ତାପ ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ଓ ଫଳରେ କ୍ରମେ ତାହା ଉତ୍ତପ୍ତ ହୁଏ ; କିନ୍ତୁ P_2 ନିକଟରେ ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ସଂଗମ ବି.ଗ୍ର ବ.ର ପ୍ରତିକୂଳରେ ଗତିକରେ ହେଉ-ଥିବାରୁ ଶକ୍ତି ବ୍ୟୟ ହୁଏ । ତେଣୁ ଏଠାରେ ତାପ ଶୋଷିତ ହୁଏ (Absorbed) ଓ କ୍ରମେ P_2 ଶୀତଳ ହୁଏ ।

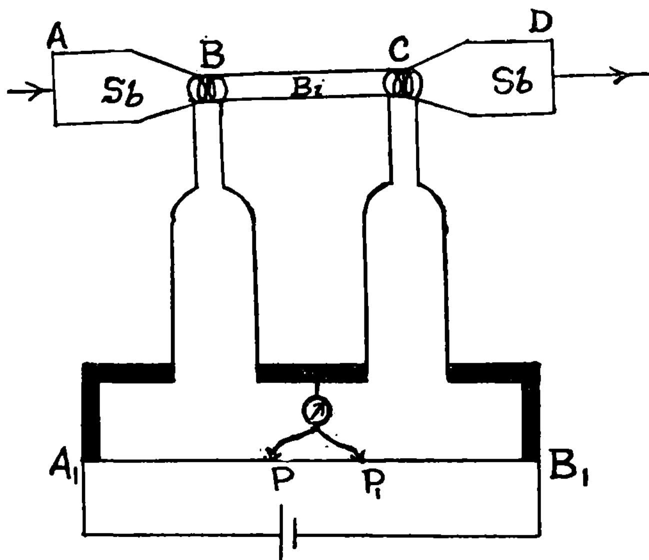


(ଚିତ୍ର ନଂ 16.8)

16·9 ପେଲ୍‌ଟିୟରର ପ୍ରକ୍ରିୟା ପ୍ରଦର୍ଶନ (Demonstration of Peltier Effect) :

AB ଓ *CD* ଦୁଇଟି ମୋଟା (ଚିତ୍ର ନଂ 16·9) ଏଣ୍ଟିମନି (Sb) ଦଣ୍ଡ ଓ ସେଦ୍ୱୟ ଅନ୍ୟ ଏକ ମୋଟା ବିସମଥ୍ ଦଣ୍ଡ (Bi) *BC* ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ସେମାନଙ୍କର ସଂଗମସ୍ଥଳ *B* ଓ *C* ନିକଟରେ ସମାନ ଦୈର୍ଘ୍ୟର ଦୁଇଟି ସରୁ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ତାର ଗୁଡ଼ା-ଯାଇଛି ; କିନ୍ତୁ ସେମାନେ ଦଣ୍ଡକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରନ୍ତି ନାହିଁ । ଏହି ତାରଦ୍ୱୟ ଗୋଟିଏ ମିଟରର

ବ୍ରିଜ୍‌ର ଦୁଇଫାଙ୍କ (Gap)ରେ ସଂଯୁକ୍ତ । ପ୍ରଥମେ ବ୍ରିଜ୍‌ଟିକୁ ସମତୁଳିତ କରି ବ୍ରିଜ୍ ତାର $A_1 B_1$ ଉପରେ ଜକ (Jockey) ସାହାଯ୍ୟରେ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ P ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏହାପରେ ଦଣ୍ଡ ମଧ୍ୟଦେଇ ବାମରୁ ଦକ୍ଷିଣକୁ ଅର୍ଥାତ୍ B ବିନ୍ଦୁରେ Sb ରୁ Biକୁ ଏକ ପ୍ରବଳ ପ୍ରବାହ ପଠାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ P, B_1 ପାଖରେ P_1କୁ ବିସ୍ଥାପିତ



(ଚିତ୍ର ନଂ 16.9)

ହେବାର ଦେଖାଯାଏ । ଏହି ବିସ୍ଥାପନ B ନିକଟସ୍ଥ କୁଣ୍ଡଳୀ ତାରର ରୋଧ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥିବାରୁ ଓ C ନିକଟସ୍ଥ କୁଣ୍ଡଳୀ ତାରର ରୋଧ ହ୍ରାସ ପାଇଥିବାର ଦର୍ଶାଏ । ପ୍ଲାଟିନମ୍ ତାର ଉତ୍ତପ୍ତ ହେଲେ, ତାହାର ରୋଧ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ଓ ଶୀତଳ ହେଲେ ରୋଧ ହ୍ରାସ ପାଏ । ସୁତରାଂ ସଂଗମସ୍ଥାନ B ଓ C ଯଥାକ୍ରମେ ଉତ୍ତପ୍ତ ଓ ଶୀତଳ ହୋଇଥିବା ସୂଚନା ମିଳେ ।

16 10 ପେଲ୍‌ଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ (Peltier Coefficient) :

କୌଣସି ତାପ-ସଂଗମସ୍ଥଳ (Thermo Junction) ମଧ୍ୟଦେଇ ଏକ କୁଲମ୍ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେବାଦ୍ୱାରା ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ପାଇଁ ପ୍ରବାହିତ ହେବାଦ୍ୱାରା ସେଠାରେ ଶୋଷିତ ବା ଉଦ୍ଭବ ହେଉଥିବା ଓ ଜୁଲ ଏକକରେ ପ୍ରକାଶିତ ତାପକୁ ପେଲ୍‌ଟିୟର

ଗୁଣାଙ୍କ କୁହାଯାଏ । ଏହାକୁ ଜୁଲ୍/କୁଲମ୍ ବା ଭୋଲ୍ଟ ଏକକରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ। ଏହାର ମାନ ସଂଗମସ୍ଥଳର ପରମ ତାପମାତ୍ରା ଓ ତାପଯୁଗଳରେ ବ୍ୟବହୃତ ଧାତୁର ଉପାଦାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ତାପ ଶୋଷିତ ହେଉଥିଲେ ପେଲ୍ଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କକୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଧରାଯାଏ ।

ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରାରେ ଯଦି କୌଣସି ତାପ ସଂଗମସ୍ଥଳର ପେଲଟିୟର ଗୁଣାଙ୍କ π ଜୁଲ୍/କୁଲମ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ସେହି ସଂଗମସ୍ଥଳ ମଧ୍ୟଦେଇ I ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ t ସେକେଣ୍ଡ ପାଇଁ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ It କୁଲମ $\times\, \pi$ ଜୁଲ/କୁଲମ $= \pi It$ ଜୁଲ ତାପ ଶୋଷିତ ବା ଉଦ୍ଭବ ହେବ ।

କୌଣସି ପରିପଥରେ ବିଭିନ୍ନ ଧାତୁର କେତେଗୁଡ଼ିଏ ସଂଗମସ୍ଥଳ ଥିଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଦ୍ୱାରା ସେହିସବୁ ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ପେଲଟିୟର ତାପନ ବା ଶୀତଳନ ଘଟେ । ତେଣୁ ଏହିସବୁ ସଂଗମସ୍ଥଳପାଇଁ **ଜୁଲ୍ ତାପନ ନିୟମର** (Joule Laws of Heating) ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । କୌଣସି ସଂଗମସ୍ଥଳ ମଧ୍ୟଦେଇ I ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ t ସେକେଣ୍ଡ ପାଇଁ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ସେହି ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ଜୁଲ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$$H = \frac{I^2Rt \pm \pi I t}{J} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (16{\cdot}8)$$

କିମ୍ବା $JH = I^2Rt \pm \pi I t$

ଏଠାରେ $H =$ କ୍ୟାଲୋରୀ ଏକକରେ ତାପ

$J =$ ତାପର ଯାନ୍ତ୍ରିକ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ

$R =$ ଓମ୍ ଏକକରେ ରୋଧ

$\pi =$ ଭୋଲ୍ଟ ଏକକରେ ପେ: ଗୁଣାଙ୍କ

ପେଲଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :—ପେଲଟିୟର ଗୁଣାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ତାପଯୁଗଳର ଯେକୌଣସି ସଂଗମସ୍ଥଳକୁ ଗୋଟିଏ କ୍ୟାଲୋରୀମିଟରରେ ଥିବା ଜଳରେ ନିମଜ୍ଜିତ କରାଯାଏ ଓ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହ ପଠାଯାଏ । ଯଦି ପରିପଥରେ I ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ t ସେକେଣ୍ଡ ପାଇଁ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଏବଂ ଜଳରେ ନିମଜ୍ଜିତ ଅଂଶର ରୋଧ $= R$ ଓମ୍ ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ପନ୍ନ ତାପ H_1 କ୍ୟାଲୋରୀ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$JH_1 = I^2Rt + \pi I t \qquad \ldots\ldots \qquad \ldots\ldots \qquad (16{\cdot}9)$$

ଏଠାରେ π = ଭୋଲ୍ଟ ଏକକରେ ପେଲ୍ଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ବିପରୀତ ହେବାଦ୍ୱାରା ଯଦି ଉତ୍ପନ୍ନ ତାପ H_2 କ୍ୟାଲୋରୀ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$JH_2 = I^2Rt - \pi I t \quad \ldots \quad \ldots \quad (16{\cdot}10)$$

ଉପରୋକ୍ତ ଦୁଇ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\pi = \frac{J(H_1 - H_2)}{2 I t} = \frac{J(m + w)(\theta_1 - \theta_2)}{2 I t} \quad \ldots \quad (16.11)$$

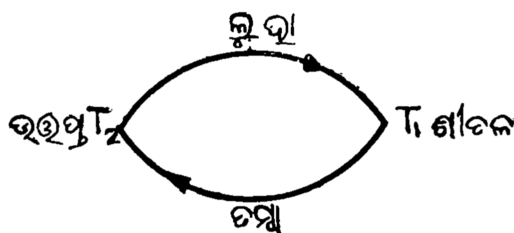
ଏଠାରେ m = ଜଳ ପରିମାଣ

w = କ୍ୟାଲୋରିମିଟରର ଜଳତୁଲ୍ୟାଙ୍କ

$(\theta_1 - \theta_2)$ = ତାପମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତନ

16.11 ତାପ-ଯୁଗଳ ପ୍ରତି ତାପଗତି ବିଜ୍ଞାନ ପ୍ରୟୋଗ :

ଟମସନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା ପୂର୍ବ ସୂଚନା— ଲୁହା ଓ ତମ୍ବା ନିର୍ମିତ ଏକ ତାପ-ଯୁଗଳର (ଚିତ୍ର ନଂ 16·10) ଗୋଟିଏ ସଂଗମସ୍ଥଳ ଉତ୍ତପ୍ତ (ତାପମାତ୍ରା T_2 ପରମ) ଓ ଅନ୍ୟଟି ଶୀତଳ (ତାପମାତ୍ରା T_1 ପରମ) ହେଲେ ସୀବେକ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଫଳରେ ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେବ । ପେଲ୍ଟିୟରର ପ୍ରଭାବ ଫଳରେ ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ତାପ ଶୋଷିତ (Absorbed) ହେବ ଓ ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ତାପ ଉଦ୍ଭବ (Evolved) ହେବ । ଏଠାରେ ଉଦ୍ଭବ ତାପ ତୁଳନାରେ ଶୋଷିତ ତାପର ଆଧିକ୍ୟ ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଏ । ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ଶୋଷିତ ହେଉଥିବା ତାପର କିଛି ଅଂଶ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରୁଥିବା **ବ୍ୟବହାର୍ଯ୍ୟ କାର୍ଯ୍ୟକୁ** (Useful Work) ରୂପାନ୍ତରିତ ହୁଏ ଓ ଅବଶିଷ୍ଟ ଅଂଶ ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ପରିତ୍ୟକ୍ତ (Rejected) ହୁଏ । ବିପରୀତ କ୍ରମେ ତାପ-



(ଚିତ୍ର ନଂ 16.10)

ଯୁଗଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ଗୋଟିଏ ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ତାପ ଶୋଷିତ ହୁଏ ଓ ଅନ୍ୟଟିରେ ତାପ ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ । ଯୁତରାଂ ପେଲ୍ଟିୟରର ପ୍ରଭାବକୁ **ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ** (Reversible) ବିବେଚନା କରାଯାଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ପରିପଥରେ ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ, ତାହା **ଜୁଲ ତାପ** (Joule Heat) ମଧ୍ୟ ଉତ୍ପାଦନ କରେ । କିନ୍ତୁ ଏହି

ଜୁଲ୍-ତାପ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ଓ ତେଣୁ ଅପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ (Irreversible) । ସୁତରାଂ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପରିବର୍ତ୍ତ ଚକ୍ର (Whole Cycle) ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ ହୋଇ ନ ପାରେ । କିନ୍ତୁ ପରିପଥର ରୋଧ ଯଦି ଖୁବ୍ କମ୍ କରିଦିଆଯାଏ, ଅର୍ଥାତ୍ ତାପଯୁଗଳରେ ବ୍ୟବହୃତ ଧାତୁ ଖୁବ୍ ମୋଟା ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଜୁଲ୍ ପ୍ରଭାବକୁ ନଗଣ୍ୟ ବିବେଚନା କରାଯାଇପାରେ ଏବଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତାପ-ଯୁଗଳଟିକୁ ଏକ **ଆଦର୍ଶ ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ ତାପ-ଇଞ୍ଜିନ୍** (Perfect Heat Engine) ସହିତ ତୁଳନା କରାଯାଇପାରେ । ତାପ-ଇଞ୍ଜିନରେ ତାପ ଉଚ୍ଚତାପମାତ୍ରା ବିଶିଷ୍ଟ **ଉତ୍ସ** (Source)ରେ ଶୋଷିତ ହୁଏ ଓ ନିମ୍ନତାପମାତ୍ରାବିଶିଷ୍ଟ **ଶୀତକ** (Sink)ରେ ପରିତ୍ୟକ୍ତ ହୁଏ ଏବଂ **ତାପଗତି ବିଜ୍ଞାନର** ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ଏଠାରେ ଶୋଷିତ ଓ ପରିତ୍ୟକ୍ତ ତାପର ଅନୁପାତ ଉତ୍ସ ଓ ଶୀତକର ପରମ ତାପମାତ୍ରାର ଅନୁପାତ ସହିତ ସମାନ, ଅର୍ଥାତ୍—

$$\frac{H_2}{H_1}=\frac{T_2}{T_1}$$

ଏଠାରେ H_2 = ଶୋଷିତ ତାପ

H_1 = ପରିତ୍ୟକ୍ତ ତାପ

T_2 = ଉତ୍ସର ପରମ ତାପମାତ୍ରା

T_1 = ଶୀତକର ପରମ ତାପମାତ୍ରା

ମନେକର ଏଠାରେ ତାପଯୁଗଳର ଉଷ୍ଣ ଓ ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳର ପରମ-ତାପମାତ୍ରା ଯଥାକ୍ରମେ T_2 ଓ T_1 ଏବଂ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ q ଭୂଜ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ପରମ-ତାପମାତ୍ରା T_2 ଓ T_1ରେ ଥିବା ସଂଗମସ୍ଥଳର ପେଲଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ ଯଦି ଯଥାକ୍ରମେ π_2 ଓ π_1 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ T_2 ରେ ଶୋଷିତ ଓ T_1 ରେ ପରିତ୍ୟକ୍ତ ହେଉଥିବା ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ ଯଥାକ୍ରମେ $\pi_2 q$ ଓ $\pi_1 q$ ହେବ ।

$$\therefore \text{ଶୋଷିତ ତାପ } H_2=\frac{\pi_2 q}{J}$$

$$\text{ଓ ପରିତ୍ୟକ୍ତ ତାପ } H_1=\frac{\pi_1 q}{J}$$

ସୁତରାଂ ତାପ-ଗତି ବିଜ୍ଞାନର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$$\frac{\pi_2 q}{J} \Big/ \frac{\pi_1 q}{J}=\frac{\pi_2}{\pi_1}=\frac{T_2}{T_1}$$

କିମ୍ବା $\frac{\pi_2 - \pi_1}{\pi_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_1}$

କିମ୍ବା $\pi_2 - \pi_1 = \frac{\pi_1}{T_1}\left(T_2 - T_1\right)$

କିମ୍ବା $\pi_2 - \pi_1 \propto (T_2 - T_1)$ $\because \frac{\pi_1}{T_1}$ = ଧ୍ରୁବାଙ୍କ

$\therefore$ ପେଲ୍‌ଟିୟରର ବି: ଗ୍ଃ: ବ: $E \propto (T_2 - T_1)$ ... ... (16·12)

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ପରିପଥରେ ଉଦ୍ଭବ ହେଉଥିବା ବି:ଗ୍ଃ:ବ: ଉତ୍ତପ୍ତ ଓ ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥାନର ତାପମାତ୍ରାର ତାରତମ୍ୟ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ, ଅର୍ଥାତ୍ ବିଃଗ୍ଃ:ବ: ଓ ତାପମାତ୍ରାର ତାରତମ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କଲେ ତାହା ଏକ ସରଳରେଖା ହେବ ; କିନ୍ତୁ ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ବାସ୍ତବରେ ଦେଖାଯାଏ ଯେ, ବିପର୍ଯ୍ୟସ୍ତ ତାପମାତ୍ରା ମଧ୍ୟରେ ବି: ଗ୍ଃ: ବ: ଓ ତାପମାତ୍ରାର ତାରତମ୍ୟ ଗ୍ରାଫ୍‌ଟି (ଚିତ୍ର ନଂ 16·2) ପରବଳୟିକ । ତାପଯୁଗଳ ପ୍ରତି ତାପ-ଗତି-ବିଜ୍ଞାନ ପ୍ରୟୋଗର ଫଳାଫଳ ଓ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ ଫଳାଫଳ ମଧ୍ୟରେ ଏହି ଅମେଳ ପର୍ଯ୍ୟାଲୋଚନା କରି ଅଧ୍ୟାପକ ଉଇଲିୟମ ଟମ୍‌ସନ୍ (ଲର୍ଡ଼ କେଲଭିନ୍) 1851 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ସୂଚନା ଦେଇଥିଲେ ଯେ ତାପଯୁଗଳର ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ତାପମାତ୍ରାର ତାରତମ୍ୟ ଯୋଗୁଁ ପରିପଥରେ ଯେ କେବଳ ପେଲ୍‌ଟିୟର ବି:ଗ୍ଃ:ବ: କାର୍ଯ୍ୟକରେ ତାହା ନୁହେଁ—ଏହା ବ୍ୟତୀତ ପରିପଥର ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଅଂଶରେ ତାପମାତ୍ରାର ତାରତମ୍ୟ ଯୋଗୁ ଅନ୍ୟ ଏକ ପ୍ରକାର ବି:ଗ୍ଃ:ବ: ମଧ୍ୟ ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ । ଏହି ବି: ଗ୍ଃ: ବ: ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରଥମେ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିବାରୁ ଏହାକୁ **ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା** କୁହାଯାଏ ।

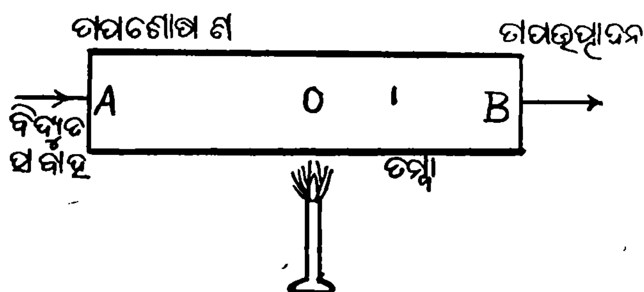
16.12 ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା (Thomson Effect) :

ଉଇଲିୟମ୍ ଟମ୍‌ସନ୍ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ କୌଣସି ତାପ-ଯୁଗଳ ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାପମାତ୍ରାର ତାରତମ୍ୟ ଯୋଗୁଁ କେବଳ ତାହାର ସଂଗମସ୍ଥଳରେ ଯେ ଶକ୍ତି ଶୋଷିତ ବା ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ତାହା ନୁହେଁ—**ଏହି ଶକ୍ତି ତାପଯୁଗଳର ଏକ ମୌଳିକ ଉପାଦାନର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ତାପମାତ୍ରାର ତାରତମ୍ୟ ଯୋଗୁ ଏକ ବା ଉଭୟ ପରିବାହୀର ସମୁଦାୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦିଗରେ ଶୋଷିତ ବା ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ।**

ସୁତରାଂ କୌଣସି ପରିବାହୀର ବିଭିନ୍ନ ଅଂଶରେ ତାପମାତ୍ରା ଭିନ୍ନ ହୋଇଥିଲେ, ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ପ୍ରବାହ ଫଳରେ ଶକ୍ତିର ଯେଉଁ ଶୋଷଣ (Absorption) ବା

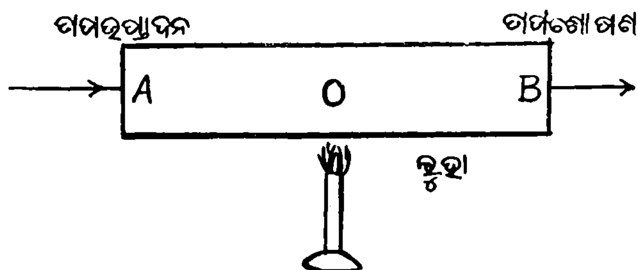
ଉତ୍ପାଦନ (Evolve) ହୁଏ ତାହାକୁ ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା କୁହାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା ପ୍ରତ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ଅଟେ ।

ଗୋଟାଏ ମୋଟା ତମ୍ବା ଦଣ୍ଡ AB ର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତର ତାପମାତ୍ରା ଯଦି ସମାନ ରଖାଯାଏ ଓ ତାହାର ଠିକ୍ ମଧ୍ୟଭାଗ O କୁ (ଚିତ୍ର ନଂ 16.11) ଉତ୍ତପ୍ତ କରି ତାହାର ତାପମାତ୍ରା ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ତାପ ପରିବହନ ଫଳରେ ତାହାର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ A ଓ B ର ତାପମାତ୍ରା ସମାନ ହେବ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଦଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ A ରୁ B



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·11)

ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ A ତୁଳନାରେ Bର ତାପମାତ୍ରା ଅଧିକ ହେବ । ସୁତରାଂ ଏଠାରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଫଳରେ ପ୍ରବାହ ଦିଗରେ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ । ଏହାକୁ **ଯୁକ୍ତ ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରଭାବ** କୁହାଯାଏ । Cd, Zn, Ag, Sb ପ୍ରଭୃତି ଧାତୁରେ ଏହି ପ୍ରକାର ପ୍ରଭାବ ଦେଖାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·12)

କିନ୍ତୁ ଯଦି ଗୋଟାଏ ଲୁହା ଦଣ୍ଡ ABର ମଧ୍ୟଭାଗ Oକୁ ଉତ୍ତପ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ତାହାର ଦୁଇ (ଚିତ୍ର ନଂ 16.12) ପ୍ରାନ୍ତର ନିମ୍ନ ତାପମାତ୍ରା ସମାନ ଥାଏ ତାହାହେଲେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ A ରୁ B ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ପ୍ରାନ୍ତ Aର ତାପମାତ୍ରା B

ତୁଳନାରେ ଅଧିକ ହେବ । ସୁତରାଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଫଳରେ ପ୍ରବାହର ବିପରୀତ ଦଗରେ ତାପ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ ଓ ଏହାକୁ **ବିଯୁକ୍ତ** ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରଭାବ କୁହାଯାଏ । *Pt*, Bi, *Cobalt*, *Ni* ପ୍ରଭୃତି ଧାତୁରେ ଏହି ପ୍ରଭାବ ଦେଖାଯାଏ ।

ଉପରୋକ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହର ଦଗ ବିପରୀତ ହେଲେ ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା ମଧ୍ୟ ବିପରୀତ ହୋଇଯାଏ ।

ସୀସା (*Pb*)ରେ ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରଭାବ ଦେଖାଯାଏ ନାହିଁ ।

16·13 ଟମସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କ (Thomson Coefficient) :

କୌଣସି ପରିବାହୀର ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ତାପମାତ୍ରାର ତାରତମ୍ୟ 1°C ହୋଇଥିଲେ ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଏକକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ପାଇଁ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ଶୋଷିତ ବା ବିଭବ ହୁଏ ତାହାକୁ "ଟମସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କ" କୁହାଯାଏ । ଏହାର ଏକକ ଜୁଲ/କୁଲମ ।

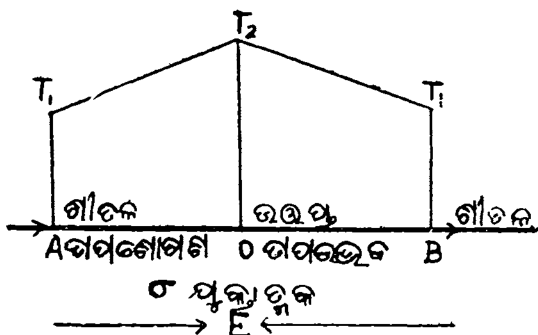
କୌଣସି ପରିବାହୀର ଦୁଇବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ତାପମାତ୍ରାର ତାରତମ୍ୟ ଯୋଗୁ ସେଥିରେ ଯେଉଁ ବି. ଗ୍ୟ. ବ. ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ତାହାକୁ ଟମ୍‌ସନ୍ ବି ଗ୍ୟ. ବ କୁହାଯାଏ । ତେଣୁ କୌଣସି **ପରିବାହୀର ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଏକକ ତାପମାତ୍ରା ତାରତମ୍ୟ ଯୋଗୁ ଯେଉଁ ଟମ୍‌ସନ୍ ବି. ଗ୍ୟ ବ. ହୁଏ ତାହାକୁ ମଧ୍ୟ ଟମ୍‌ସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କ କୁହାଯାଏ ।**

ଟମ୍‌ସନ ଗୁଣାଙ୍କ ତାପମାତ୍ରା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯଦି ଟମ୍‌ସନ୍‌ଗୁଣାଙ୍କ σ ହୁଏ ଓ ଯଦି ପରିବାହୀର T ତାପମାତ୍ରା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବିନ୍ଦୁରୁ $T+dT$ ତାପମାତ୍ରା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବିନ୍ଦୁକୁ ଏକକ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଶୋଷିତ ବା ଉଦ୍ଭବ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ σdT ହେବ । ସୁତରାଂ σ, ଏକକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ର $1°C$ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିପାଇଁ ଶୋଷିତ ହେଉଥିବା ତାପଶକ୍ତି ଓ ସେହି ଦୃଷ୍ଟିରୁ ଏହାକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ର ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ (Specific heat of Electricity) କୁହାଯାଏ ।

ଟମ୍‌ସନ୍‌ଗୁଣାଙ୍କ σ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହୋଇପାରେ । ଯେଉଁ ପରିବାହୀରେ ଉତ୍ତପ୍ତ ଅଞ୍ଚଳରୁ ଶୀତଳ ଅଞ୍ଚଳକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାପ ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ, (ଅର୍ଥାତ୍ ବି. ଗ୍ୟ. ବ ର ଦଗ ନିମ୍ନ ତାପମାତ୍ରାରୁ ଉଚ୍ଚ ତାପମାତ୍ରା ଦଗରେ) ସେହି ପରିବାହୀର σ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ । ଯଦି ଉତ୍ତପ୍ତ ଅଞ୍ଚଳରୁ ଶୀତଳ ଅଞ୍ଚଳକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ

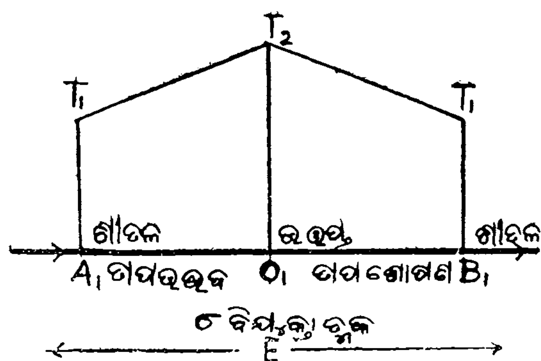
ହେଲେ ତାପ ଶୋଷିତ ହୁଏ (ଅର୍ଥାତ୍ ବି ଗ୍ଃ. ବ. ଉଚ୍ଚ ତାପମାତ୍ରାରୁ ନିମ୍ନ ତାପମାତ୍ରା ଦିଗରେ) ତାହାହେଲେ σ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହେବ ।

ସୀସାର ଟମ୍ସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କ ବା **ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ବିଶିଷ୍ଟ ତାପ** ଶୂନ୍ୟ । ମନେକର AOB ଧାତୁର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ Oର (ଚିତ୍ର ନଂ 16·3) ତାପମାତ୍ରା T_2 ଏବଂ ପ୍ରାନ୍ତ ବିନ୍ଦୁ A ଓ Bର ତାପମାତ୍ରା T_1 ଏବଂ $T_2>T_1$ ତାପମାତ୍ରାର ମାନ ଚିତ୍ରରେ କୋଟି (Ordinate) ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏହି ଧାତୁ ମଧ୍ୟରେ A→B ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, AO ଅଂଶରେ ତାପ ଶୋଷିତ ଓ OB ଅଂଶରେ ତାପ ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·13)

ଏଠାରେ ଟମ୍ସନ୍ ବି.ଗ୍ଃ.ବ.ର ଦିଗ AO ମଧ୍ୟରେ A→O ଏବଂ OB ମଧ୍ୟରେ B→O ଓ σ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·14)

ସେହିପରି $A_1O_1B_1$ ଅନ୍ୟ ଏକ ଧାତୁ (ଚିତ୍ର ନଂ 16·14) ଏବଂ ତାହାର ମଧ୍ୟବିନ୍ଦୁ O_1ର ତାପମାତ୍ରା T_2 ପ୍ରାନ୍ତବିନ୍ଦୁ A_1 ଓ B_1ର ତାପମାତ୍ରା T_1 ଠାରୁ ଅଧିକ । ଏଠାରେ A_1→B_1 ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ A_1O_1 ଅଂଶରେ ତାପ ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ଓ ବି. ଗ୍ଃ. ବ.ର ଦିଗ O_1→A_1 ଏବଂ O_1B_1 ଅଂଶରେ ତାପ ଶୋଷିତ ହୁଏ ଓ ବି. ଗ୍ଃ. ବ.ର ଦିଗ O_1→B_1 ଏବଂ σ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ।

ଯଦି କୌଣସି ପରିବାହୀର ଯେକୌଣସି ଦୁଇବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ତାପମାତ୍ରାର ତାରତମ୍ୟ dT ହୁଏ ଓ ଏହି ଦୁଇ ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଏକକ ପ୍ରବାହ ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ପାଇଁ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଏଠାରେ ଶୋଷିତ ବା ଉଦ୍ଭବଶକ୍ତିର ପରିମାଣ $=\sigma dT$ । ସୁତରାଂ ଯଦି କୌଣସି ପରିବାହୀର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତର ତାପମାତ୍ରା ଯଥାକ୍ରମେ T_1 ଓ T_2 ହୁଏ ତାହାହେଲେ ମୋଟ ଶୋଷିତ ବା ଉଦ୍ଭବଶକ୍ତିର ପରିମାଣ

$$=\int_{T_1}^{T_2}\sigma dT$$

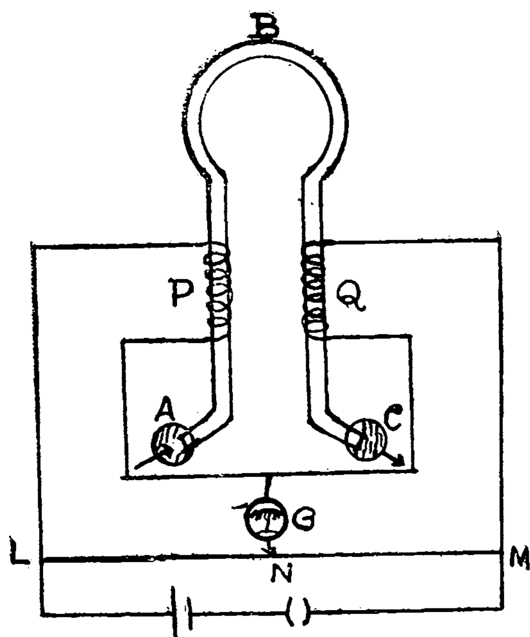
∵ ପରିବାହୀର ଦୁଇବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଏକକ ତାପମାତ୍ରା ତାରତମ୍ୟ ପାଇଁ ଉଦ୍ଭବ ବି: ଗ୍ଚା: ବ: $=\sigma$, ତେଣୁ dT ତାପମାତ୍ରା ତାରତମ୍ୟ ପାଇଁ ଉଦ୍ଭବ ବି: ଗ୍ଚା: ବ: $dE=\sigma dT$ । ପରିବାହୀର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତର ତାପମାତ୍ରା T_1 ଓ T_2 ହେଲେ, ସେଥିରେ ଉଦ୍ଭବ ମୋଟ ବି: ଗ୍ଚା: ବ: (ଟମ୍‌ସନ୍)

$$E=\int_{T_1}^{T_2}dE=\int_{T_1}^{T_2}\sigma dT \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (6\cdot 13)$$

16·14 ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା ପ୍ରଦର୍ଶନ (Demonstration of Thomson Effect) :

ABC ଗୋଟିଏ u-ଆକାରର ମୋଟା (ଚିତ୍ର ନଂ 16·15) ଲୁହାଦଣ୍ଡ ଏବଂ ତାହାର ପ୍ରାନ୍ତ ପାରଦ ମଧ୍ୟରେ ନିମଜ୍ଜିତ । ଏହାର ବାହୁ AB ଓ BC ପ୍ରତ୍ୟେକର ମଧ୍ୟଭାଗରେ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ତାରର ରୋଧିତ କୁଣ୍ଡଳୀ P ଓ Q ଗୁଡ଼ାହୋଇଛି ଏବଂ ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀଦ୍ୱୟ ଗୋଟିଏ ମିଟର ବ୍ରିଜ୍‌ର ଦୁଇଫାଙ୍କ (Gap) ରେ ସଂଯୁକ୍ତ । ପ୍ରଥମେ ଲୁହାଦଣ୍ଡର ବକ୍ରଭାଗ Bକୁ ଉତ୍ତପ୍ତ କରାଯାଏ । ଏହାପରେ ବ୍ରିଜଟିକୁ ସମତୁଳନ କରି ବ୍ରିଜତାର LM ଉପରେ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ N ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଲୁହାଦଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ABC ଦିଗରେ ପ୍ରବଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ (10 ଏମ୍ପିୟର) ପଠାଇଲେ ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ M ଦିଗରେ ବିସ୍ଥାପିତ ହେବ । ଏହା Pର ରୋଧ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଥିବାର ଓ Qର ରୋଧ ହ୍ରାସ ପାଇଥିବାର ଅର୍ଥାତ୍ P ଅଧିକ ଉତ୍ତପ୍ତ ଓ Q ଶୀତଳ ହୋଇଥିବାର ଦର୍ଶାଏ ; ସୁତରାଂ ନିମ୍ନ ତାପମାତ୍ରା (A) ରୁ ଉଚ୍ଚ ତାପମାତ୍ରା (B) ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍

ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାପଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ହୁଏ ଓ ଉଚ୍ଚ ତାପମାତ୍ରା (B) ରୁ ନିମ୍ନ ତାପମାତ୍ରା (C) ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାପଶକ୍ତି ଶୋଷିତ ହୁଏ । ପ୍ରବାହର ଦିଗ



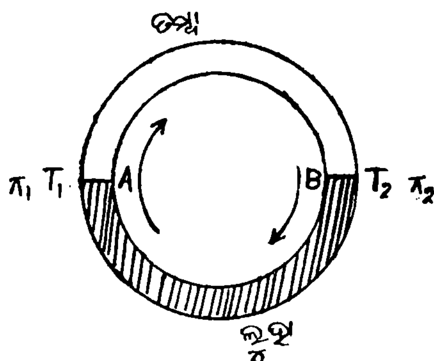
(ଚିତ୍ର ନଂ 16·15)

ବିପରୀତ ହେଲେ ଅର୍ଥାତ୍ CBA ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ସମତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ L ଦିଗରେ ବିସ୍ଥାପିତ ହୁଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା CB ରେ ତାପଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ ଓ ABରେ ତାପଶକ୍ତି ଶୋଷିତ ହେବାର ଜଣାଯାଏ । ଏହି ପରୀକ୍ଷା ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟାର ସତ୍ୟତା ପ୍ରମାଣ କରେ ।

ତମ୍ବା ଦଣ୍ଡ ନେଇ ଉପରୋକ୍ତ ଷଢରେ ଟମସନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା ପ୍ରଦର୍ଶନ କରିବା ସହଜ ନୁହେଁ କାରଣ ତମ୍ବାର ଟମସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କ ଖୁବ୍ କମ ଓ ତାପ ପରିବାହିତା ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ସେଥିରେ ଉଚ୍ଚ ତାପପ୍ରବଣତା (High temperature Gradient) ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ।

16·15 ତାପ ଯୁଗଳର ମୋଟ ବି: ଗ୍ନ: ବ:

ମନେକର ତମ୍ବା ଓ ଲୁହା ନିର୍ମିତ ଗୋଟିଏ ତାପଯୁଗଳର (ଚିତ୍ର ନଂ 16·16) ଦୁଇ ସଂଗମସ୍ଥଳ A ଓ Bର ତାପମାତ୍ରା ଯଥାକ୍ରମେ T°_1 ଓ T°_2 ଏବଂ ପେଲଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ ଯଥାକ୍ରମେ π_1 ଓ π_2 । ଟମସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କ ଯଥାକ୍ରମେ σ_{Cu} ଓ σ_{Fe} ହେଉ । ମନେକର $T_2 > T_1$ । ତାପମାତ୍ରାର ଏହି ତାରତମ୍ୟ ଯୋଗୁ ପରି ପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ଓ ତାହାର ଦିଗ B ମଧ୍ୟରେ ତମ୍ବାରୁ ଲୁହା ଓ A ମଧ୍ୟରେ ଲୁହାରୁ ତମ୍ବା ହେବ । ଏହି ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା (*a*) ପେଲଟିୟରର ପ୍ରକ୍ରିୟା ଫଳରେ ସଂଯୋଗ ସ୍ଥାନରେ ଓ (*b*) ଟମସନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଫଳରେ ଦୁଇ ଧାତୁର ସମୁଦାୟ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦିଗରେ ଶକ୍ତି ଶୋଷିତ ଓ ଉଦ୍ଭବ ହେବ । ମନେକର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $= i$ ଓ ତାହା t ସେକେଣ୍ଡ ପାଇଁ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·16)

(*a*) ପେଲ୍‌ଟିୟର ପ୍ରଭାବ ଦ୍ୱାରା—

ସଂଗମ ସ୍ଥାନ B ରେ ଶୋଷିତ ଶକ୍ତି $= \pi_2 it$ ... ... (i)

ସଂଗମ ସ୍ଥଳ A ରେ ଉଦ୍ଭବ ଶକ୍ତି $= \pi_1 it$

କିମ୍ବା ଶୋଷିତ ଶକ୍ତି $= -\pi_1 it$ ... ... (ii)

(*b*) ଟମସନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଦ୍ୱାରା—

ତମ୍ବାର σ ଯୁକ୍ତ ମୂଳକ ଓ ଏଠାରେ ତମ୍ବା ମଧ୍ୟରେ ଶୀତଳ ପ୍ରାନ୍ତ (T°_1) ରୁ ଉତ୍ତପ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତ (T°_2) ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବାରୁ ଶକ୍ତି ଶୋଷିତ ହୁଏ । ତେଣୁ ଏଠାରେ

$$\text{ଶୋଷିତ ଶକ୍ତି} = it\int_{T_1}^{T_2} \sigma_{Cu}\, dT \qquad \ldots \quad \ldots \quad \ldots . (ii)$$

ଲୁହାର σ ବଯୁ କ୍ରାମୃକ ଓ ଏଠାରେ ଲୁହା ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ତପ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତ ($T°_2$)ରୁ ଶୀତଳ ପ୍ରାନ୍ତ ($T°_1$) ଦଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି ଓ ତେଣୁ ଶକ୍ତି ଶୋଷିତ ହୁଏ । ତେଣୁ ଏଠାରେ

$$\text{ଶୋଷିତ ଶକ୍ତି} = -it\int_{T_1}^{T_2}\sigma_{F_e}dT \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots(iv)$$

ସୁତରାଂ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ପରିପଥରେ ମୋଟ ଶୋଷିତ ଶକ୍ତି

$$=(\pi_2-\pi_1)it+it\int_{T_1}^{T_2}(\sigma_{C_u}-\sigma_{F_e})dT \quad \ldots \quad \ldots \quad (16{\cdot}41)$$

ତାପ ଯୁଗଳର ମୋଟ ତାପ ବି. ଶ୍ୱ. ବ. (ସୀବେକ୍) ଯଦି E ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$Eit=(\pi_2-\pi_1)it+it\int_{T_1}^{T_2}(\sigma_{C_u}-\sigma_{F_e})dT$$

$$\text{କିମ୍ବା, } E=\pi_2-\pi_2+\int_{T_1}^{T_2}(\sigma_{C_u}-\sigma)_{F_e}dT \quad \ldots \quad \ldots(16{\cdot}15)$$

ସୁତରାଂ **ତାପ-ଯୁଗଳ ପରିପଥର ପେଲଟିୟରର ଓ ଟମ୍ସନ୍ ବି: ଶ୍ୱ: ବ:ର ବୀଜଗାଣିତିକ ସମଷ୍ଟି ତାହାର ସୀବେକ ବି: ଶ୍ୱ: ବ: ସହିତ ସମାନ ।**

16·16 **ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା** (Thermo electric Power) :

କୌଣସି ତାପ ଯୁଗଳର ତାପମାତ୍ରା ସହିତ ତାପ-ବି ଶ୍ୱ. ବ. ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର $\dfrac{dE}{dT}$କୁ ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା କୁହାଯାଏ ।

ଯଦି କୌଣସି ତାପଯୁଗଳର ଦୁଇ ସଙ୍ଗମ ସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା T ଓ $T+dT$ ଏବଂ ପେଲଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ ଯଥାକ୍ରମେ π ଓ $\pi+d\pi$ ହୁଏ ଏବଂ ତାପମାତ୍ରାର ଏହି ସାମାନ୍ୟ ତାରତମ୍ୟ ଯୋଗୁଁ ପରିପଥର ମୋଟ ବି. ଚ୍. ବ. dE ହୁଏ ତାହାହେଲେ ସମୀକରଣ (16·15) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$dE = d\pi + (\sigma_{Cu} - \sigma_{Fe})dT \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (16{\cdot}16)$$

∴ ତାପ-ଯୁଗଳର ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା

$$P = \frac{dE}{dT} = \frac{d\pi}{dT} + (\sigma_{C_1} - \sigma_{F_e}) \quad \ldots \quad \ldots \quad (16{\cdot}17)$$

16·17 (a) ପେଲ୍‌ଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ ଓ ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା :

ମନେକର ଗୋଟିଏ ତମ୍ବା-ଲୁହା ତାପଯୁଗଳର ଦୁଇ ସଙ୍ଗମ ସ୍ଥଳରେ ପରମ ତାପମାତ୍ରା T ଓ $T+dT$ ଏବଂ ପେଲ୍‌ଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ ଯଥାକ୍ରମେ π ଓ $\pi+d\pi$ । ତମ୍ବା ଓ ଲୁହାର ଟମ୍‌ସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କ ଯଥାକ୍ରମେ σ_{C_1} ଓ σ_{F_e} ହେଉ ।

ପେଲଟିୟରର ପ୍ରଭାବ ଓ ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଉଭୟ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ (Reversible) । ଯଦି ତାପଯୁଗଳରେ ବ୍ୟବହୃତ ତାର ଖୁବ୍ ମୋଟା ହୁଏ ତାହାହେଲେ ପରିପଥରେ ଜୁଲ୍ ତାପ ପ୍ରକ୍ରିୟା (ଅପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ) ନଗଣ୍ୟ ହେବ ଏବଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥଟିକୁ ଗୋଟିଏ ଆଦର୍ଶ ତାପ ଇଞ୍ଜିନ୍ ସହିତ ତୁଳନା କରାଯାଇପାରେ ଓ ସେଥିପ୍ରତି ତାପ ଗତିବିଜ୍ଞାନର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇପାରେ ।

ତାପଯୁଗଳର ସଙ୍ଗମ ସ୍ଥଳ ମଧ୍ୟରେ ତାପମାତ୍ରାର ତାରତମ୍ୟ ଯୋଗୁ ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ଓ ଏକକ ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ପେଲ୍‌ଟିୟରର ପ୍ରଭାବ ଫଳରେ—

ଉତ୍ତପ୍ତ ସଙ୍ଗମ ସ୍ଥଳ (ତାପମାତ୍ରା $= T+dT$)ରେ ଶୋଷିତ ଶକ୍ତି $= \pi + d\pi$

$$\text{ଅର୍ଥାତ୍ ଶୋଷିତ ତାପ} = \frac{\pi + d\pi}{J} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \text{(i)}$$

ଶୀତଳ ସଙ୍ଗମ ସ୍ଥଳରେ (ତାପମାତ୍ରା $= T$)ରେ ଉଦ୍ଭବ ଶକ୍ତି $= \pi$

$$\text{ଅର୍ଥାତ୍ ଉଦ୍ଭବ ତାପ} = \frac{\pi}{J} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \text{(ii)}$$

ଟମସନ୍ ପ୍ରଭାବ ଫଳରେ ତମ୍ବା ଓ ଲୁହା ଉଭୟରେ (ତାପମାତ୍ରା ତାରତମ୍ୟ dT ପାଇଁ) ଶୋଷିତ ମୋଟ ଶକ୍ତି $=(\sigma_{Cu}-\sigma_{Fe})\,dT$

ଅର୍ଥାତ୍ ଶୋଷିତ ମୋଟ ତାପ $=\dfrac{(\sigma_{Cu}-\sigma_{Fe})dT}{J}$ ... ... (iii)

ତାପଗତି ବିଜ୍ଞାନର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ କୌଣସି ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରକ୍ରିୟାର ଏଣ୍ଟ୍ରପି (Entropy) ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏନାହିଁ ଅର୍ଥାତ୍ $\Sigma\dfrac{Q}{T}=0$

ସୁତରାଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ

$$\frac{\pi+d\pi}{T+dT}-\frac{\pi}{T}+\frac{(\sigma_{Cu}-\sigma_{Fe})dT}{T}=0$$

କିମ୍ବା $\pi+d\pi-\dfrac{\pi(T+dT)}{T}+\dfrac{(\sigma_{Cu}-\sigma_{Fe})(T+dT)dT}{T}=0$

କିମ୍ବା $d\pi-\dfrac{\pi dT}{T}+\dfrac{(\sigma_{Cu}-\sigma_{Fe})(TdT+dT^2)}{T}=0$

କିମ୍ବା $d\pi-\dfrac{\pi dT}{T}+(\sigma_{Cu}-\sigma_{Fe})dT=0$ ... (16·18)

($\because$ $dT^2\approx$ ନଗଣ୍ୟ)

କିମ୍ବା $\dfrac{\pi dT}{T}=d\pi+(\sigma_{Cu}-\sigma_{Fe})dT=dE$;

(ସମୀକରଣ 16·16 ଅନୁଯାୟୀ)

$\therefore\ \pi=T\dfrac{dE}{dT}$ .... (16·19)

ସୁତରାଂ କୌଣସି ତାପଯୁଗଳର ଏକ ସଂଯୋଗ ସ୍ଥଳର ପେଲଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ ଉକ୍ତ ସଂଯୋଗ ସ୍ଥଳର ପରମ ତାପମାତ୍ରା ଓ ସମୁଦାୟ ପରିପଥର ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତାର ଗୁଣଫଳ ସହିତ ସମାନ ।

(b) ଟମସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କ σ ର ମୂଲ୍ୟ ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ :—

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ (16·18) ର ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\left(\sigma_{Cu}-\sigma_{Fe}\right)=\frac{\pi}{T}-\frac{d\pi}{dT} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (16{\cdot}20)$$

କିନ୍ତୁ $\pi=T\dfrac{dE}{dT}$

ଅବକଳନ ଦ୍ୱାରା—$\dfrac{d\pi}{dT}=\dfrac{dE}{dT}+T\dfrac{d^2E}{dT^2}$

$$\therefore \quad \sigma_{Cu}-\sigma_{Fe}=\frac{dE}{dT}-\frac{dE}{dT}-T\frac{d^2E}{dT^2}=-T\frac{d^2E}{dT^2}$$

କିମ୍ବା $\sigma_{Fe}-\sigma_{Cu}=T\dfrac{d^2E}{dT^2}$ $\qquad \cdots\cdot \qquad \cdots\cdot \qquad (16{\cdot}21)$

ଯଦି ଲୁହା ଓ ସୀସାର ଏକ ତାପଯୁଗଳ ନିଆଯାଏ ତ ସାହେଲେ

$$\sigma_{Fe}-\sigma_{Pb}=T\frac{d^2E}{dT^2}$$

$$\therefore \ \sigma_{Pb}=0$$

$$\therefore \ \sigma_{Fe}=T\frac{d^2E}{dT^2}=T\frac{dP}{dT} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (16{\cdot}22)$$

16·18 ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆରେଖ (Thermo-electric diagram) :

କୌଣସି ତାପ-ଯୁଗଳର ଯେ କୌଣସି ଗୋଟିଏ ସଂଗମ ସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରଖି ଅନ୍ୟ ସଂଗମ ସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା କ୍ରମେ ପରିବର୍ତ୍ତନ କଲେ ଉଦ୍ଭବ ତାପ ବି: ଗ୍ର: ବ: କ୍ରମେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ଏହି ତା ଗ୍ର: ବ: ଓ ତାପମାତ୍ରାର ତାରତମ୍ୟ (ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍) ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଗ୍ରାଫ୍ (ଚିତ୍ର ନଂ 16·2) ଅଙ୍କନ କଲେ ତାହା **ପରବଳୟିକ** (Parabolic) ହୁଏ । ତେଣୁ ବି: ଗ୍ର: ବ. E ଓ ତାପମାତ୍ରାର ତାରତମ୍ୟ t ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ବନ୍ଧକୁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସୂତ୍ରଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ—

$$E=at+\tfrac{1}{2}bt^2 \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (16{\cdot}23)$$

ଏଠାରେ a ଓ b ଦୁଇଟି ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ।

ଉପରୋକ୍ତ ପରବଳୟିକ ରେଖାକୁ **ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବକ୍ରରେଖା** (Thermo electric curve) କୁହାଯାଏ । ଏହି ବକ୍ରରେଖ ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରା ତାରତମ୍ୟ ପାଇଁ ତାପ-ଯୁଗଳର ମୋଟ ତାପ ବିː ଗ୍ରୀ: ବ: ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

କିନ୍ତୁ ଏହି ବିଧି ସୁବିଧାଜନକ ନୁହେଁ । ଅଧ୍ୟାପକ 'ଟେଟ୍' (Tait) ଏହା ଏକ ସରଳ ଆରେଖ ସାହାଯ୍ୟରେ ସହଜରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରହେବ ବୋଲି ଦର୍ଶାଇଛନ୍ତି ।

ସମୀକରଣ (16·23)କୁ ଅବକଳନ କର

$$\frac{dE}{dt} = P = a + bt \quad \ldots\ldots \quad \ldots\ldots \quad \cdots (16{\cdot}24)$$

ଏଠାରେ $\frac{dE}{dt}$ ତାପଯୁଗଳର ତାପ ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା ଓ ଏହାକୁ ମାଇକ୍ରୋ-ଭୋଲ୍ଟ/ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ଏକକରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ $\frac{dE}{dt}$ ଓ ତାପମାତ୍ରା (ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍)ର ତାରତମ୍ୟ t (ଶୀତଳ ସଙ୍ଗମ ସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା 0°C ହୋଇଥିଲେ ଉତ୍ତପ୍ତ ସଙ୍ଗମ ସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା) ମଧ୍ୟରେ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କଲେ ତାହା ସରଳରେଖା ହେବ ।

କୌଣସି ତାପ-ଯୁଗଳର ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ଥିବାବେଳେ ତାପଯୁଗଳର ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା ଓ ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମ ସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ମଧ୍ୟରେ ଅଙ୍କିତ ଗ୍ରାଫ୍‌କୁ ଆଲୋଚ୍ୟ ତାପ-ଯୁଗଳର 'ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆରେଖ' (Thermoelectric Diagram) **କୁହାଯାଏ ।**

ଅଧ୍ୟାପକ ଟେଟ୍ (Tait) ଉପରୋକ୍ତ **ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆରେଖ** ସାହାଯ୍ୟରେ ତାପ-ଯୁଗଳର ମୋଟ ବି. ଗ୍ରୀ. ବ. ସହଜରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ବୋଲି ପ୍ରଥମେ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଓ ସେଥିପାଇଁ ଏହାକୁ **ଟେଟ୍ ଆରେଖ** (Tait Diagram) ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।

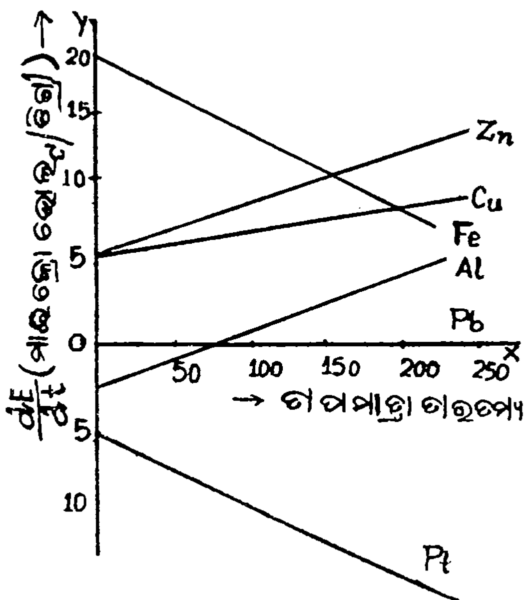
ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆରେଖ ଅଙ୍କନ କରିବାପାଇଁ ତାପ-ଯୁଗଳରେ ସାଧାରଣତଃ ଏକ ମାନକ ଧାତୁ ନିଆଯାଏ ଓ ତାହା ତୁଳନାରେ ଅନ୍ୟ ଧାତୁର ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ

କ୍ଷମତା ଅଙ୍କନ କରାଯାଏ । ସାଧାରଣତଃ ସୀସାକୁ ମାନକ ଧାତୁ ହିସାବରେ ନିଆଯାଏ କାରଣ—

ସୀସାର ଟମ୍‌ସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କ $\sigma_{Pb} = 0$

ଓ ତେଣୁ $\frac{dE}{dt} =$ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ

ସୁତରାଂ ସୀସାର $\frac{dE}{dt}$ ଓ T ମଧ୍ୟରେ ଅଙ୍କିତ ଗ୍ରାଫ T – ଅକ୍ଷ ସହିତ ସମାନ୍ତର ହେବ । ସେଥିପାଇଁ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କରିବାବେଳେ କୌଣସି ସ୍ୱେଚ୍ଛାଗତ (Arbitrary) X – ଅକ୍ଷ ନେଇ ତାହା ସହିତ ସମାନ୍ତର କରି ସୀସାର ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ରେଖା ଅଙ୍କନ କରିବା ପରିବର୍ତ୍ତେ ସୀସାର ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ରେଖାକୁ X – ଅକ୍ଷ ଭାବରେ ନିଆଯାଏ ଓ ଏହାକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ ରେଖା (Reference line) ବିବେଚନା କରି ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଧାତୁର ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ରେଖା ଅଙ୍କନ କରାଯାଏ । ଚିତ୍ର ନଂ 16·17ରେ ସୀସା ଓ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଧାତୁ ନିର୍ମିତ ତାପ-ଯୁଗଳର କେତେଗୁଡ଼ିଏ ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ ରେଖା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଚିତ୍ର ନଂ 16·18ରେ ତମ୍ବା-ସୀସା ତାପଯୁଗଳରେ ତମ୍ବାର ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ରେଖା AA' ସରଳରେଖାଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ।



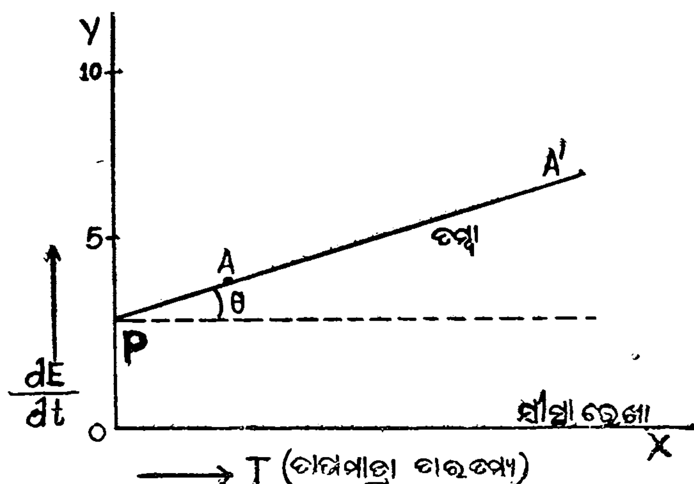
(ଚିତ୍ର ନଂ 16·17)

$$\therefore \frac{dE}{dt} = a + bt$$

ଏଠାରେ $a = OP$ ଏବଂ AA' ସରଳରେଖାର ପ୍ରବଣତା (Slope) $\tan\theta = b$ । $E - t$ ଗ୍ରାଫରୁ ଆମେ ଜାଣୁ ଯେ ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରା t_n ପାଇଁ $\frac{dE}{dt} = 0$

$\therefore\ 0 = a + bt_n$

କିମ୍ବା $t_n = -\frac{a}{b}$



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·18)

ଯଦି a ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହୁଏ ତାହାହେଲେ AA' ରେଖା OXର ନିମ୍ନଭାଗରେ ରହିବ । ଯଦି b ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହୁଏ ତାହାହେଲେ AA'ର ପ୍ରବଣତା ବିପରୀତ ହେବ । ସୀସା-ଲୁହା ତାପଯୁଗଳରେ ଲୁହାର ପ୍ରବଣତା ବିପରୀତ (ଚିତ୍ର ନଂ 16·18) ।

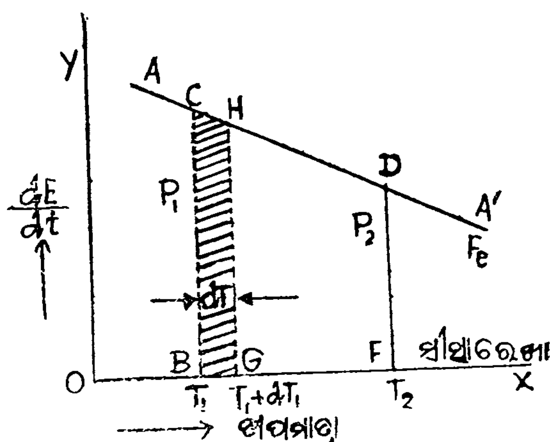
16·19 ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆରେଖର ପ୍ରୟୋଗ (Applications of Thermo-electric Diagram) :

(1) ତାପଯୁଗଳର ବି. ଗ୍ଛ. ବ. ନିର୍ଣ୍ଣୟ :— (a) ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆରେଖ ସାହାଯ୍ୟରେ ତାପଯୁଗଳର ବି. ଗ୍ଛ. ବ. ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରଥମେ ଗୋଟିଏ ଲୁହା-ସୀସା ତାପଯୁଗଳ ନିଆଯାଉ । ମନେକର ଏହି ଯୁଗଳର ସଯୋଗର ତାପମାତ୍ରା T_1 ଓ T_2 ଏବଂ $T_2 > T_1$ । ଏହି ଯୁଗଳର ଲୁହାର ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ରେଖା AA' (ଚିତ୍ର ନଂ 16·19) ଏଠାରେ T_1 ଓ T_2ରେ ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା ଯଥାକ୍ରମେ CB ଓ DF । ମନେକର $(T_1 + dT)$ରେ ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା HG ।

∴ T_1 ଓ T_1+dT ମଧ୍ୟରେ ତାପ ବି. ଚା. ବ.

$$dE = \frac{dE}{dT} \times dT = PdT$$

$$= \text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ } BCHG$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·19)

ସୁତରାଂ T_1 ଓ T_2 ମଧ୍ୟରେ ତାପ ବି: ଚା: ବ:

$$E = \int_{T_1}^{T_2} PdT = \text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ } BCDF$$

$$= BF \times \tfrac{1}{2}\,(CB + DF)$$

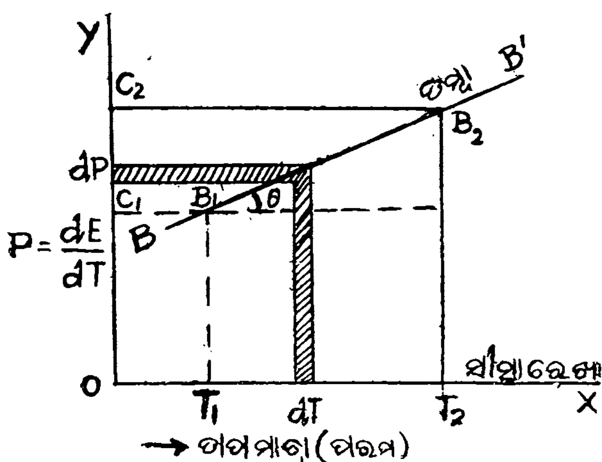
$$= (T_2 - T_1) \times \tfrac{1}{2}\,(P_1 + P_2) \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (16{\cdot}25)$$

ଏଠାରେ P_1 ଓ P_2 ଯଥାକ୍ରମେ T_1 ଓ T_2 ରେ ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା ।

(ii) **ପେଲ୍‌ଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ π** :—ଗୋଟିଏ ତମ୍ବା ସୀସା ତାପଯୁଗଳର ତମ୍ବାର ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ରେଖା ଚିତ୍ର ନଂ 16·20 ରେ BB' ରେଖାଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ ଯୁଗଳର ଦୁଇ ସଂଗମସ୍ଥଳର ଚରମ ତାପମାତ୍ରା T_1 ଓ T_2 ରେ ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା ଯଥାକ୍ରମେ B_1T_1 ଓ B_2T_2 । ବର୍ତ୍ତମାନ P ଅକ୍ଷ ଉପରେ B_1C_1 ଓ B_2C_2 ଲମ୍ବ ଅଙ୍କନ କରାଯାଉ ।

T_1 ତାପମାତ୍ରାରେ ପେଲ୍‌ଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ $\pi_1 = T_1 \dfrac{dE}{dT_1}$

= କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $OT_1B_1C_1$



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·20)

T_2 ତାପମାତ୍ରାରେ ପେଲ୍‌ଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ $\pi_2 = T_2 \dfrac{dE}{dT_2}$

= କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $OT_2B_2C_2$

$\therefore$ $(\pi_2 - \pi_1)$ = କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $OT_2B_2C_2$ - କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $OT_1B_1C_1$ ... ... (iii)

(iii) ଟମ୍‌ସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କ σ :—

ତମ୍ବା-ସୀସା ତାପଯୁଗଳର ଟମ୍‌ସନ୍ ଵି: ଗୁ: ବ:

$$\int_{T_1}^{T_2} (\sigma_{Cu} - \sigma_{Pb})\, dT = -\int_{T_1}^{T_2} T \frac{d^2E}{dT^2}\, dT = -\int_{T_1}^{T_2} T \frac{dP}{dT}\, dT$$

$$= -\int_{T_1}^{T_2} T\, dP = -\text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ } B_1C_1C_2B_2 \quad \cdots \quad \cdots \quad \text{(iv)}$$

(iii) ଓ (iv) ସାହାଯ୍ୟରେ ମୋଟ ବି: ଗ୍ମ: ବ:

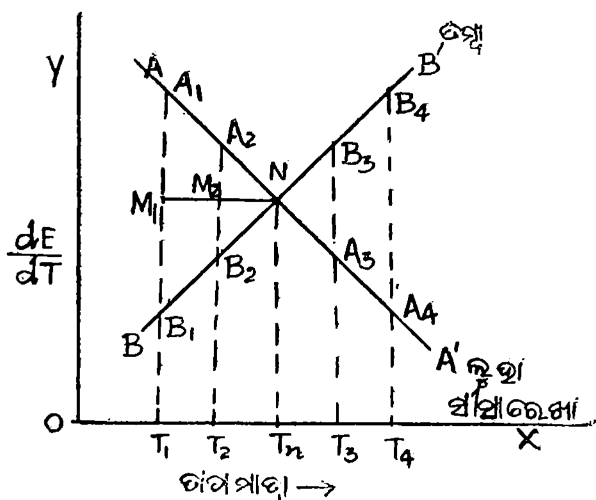
$$E = (\pi_2 - \pi_1) + \int_{T_1}^{T_2} (\sigma_{Cu} - \sigma_{Pb})\, dT$$

= କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $OT_2B_2C_2$ – କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $OT_1B_1C_1$

– କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $B_1C_1C_2B_2$

= କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $B_1T_1T_2B_2$ ... ... (16·26)

(iv) **ଲୁହା-ତମ୍ବା ତାପଯୁଗଳର ମୋଟ ବି: ଗ୍ମ: ବ:** :—ମନେକର ଲୁହା ତମ୍ବା ତାପଯୁଗଳର ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା T_1 ଓ T_2 ଏବଂ $T_2 > T_1$ । ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆରେଖ ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହାର ମୋଟ ସୀବେକ୍ ବି: ଗ୍ମ: ବ: ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ **ସୀସାର** ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ରେଖାକୁ ନିର୍ଦ୍ଦେଶରେଖା ନେଇ ତମ୍ବା ଓ ଲୁହା



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·21)

ଙ୍କଭଯ୍ୟର ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ରେଖା ଅଙ୍କନ କରାଯାଏ । ମନେକର AA' ଓ BB' ଯଥାକ୍ରମେ ଲୁହା ସୀସା ଓ ତମ୍ବା ସୀସା (ଚିତ୍ର ନଂ 16·21) ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ରେଖା ।

T_1 ତାପମାତ୍ରାରେ ଲୁହା-ସୀସ ତାପଯୁଗଳର ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା
$= A_1T_1$

T_2 ତାପମାତ୍ରାରେ ଲୁହା-ସୀସା ତାପଯୁଗଳର ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା
$= A_2T_2$

ସୁତରାଂ ଲୁହା-ସୀସା ତାପଯୁଗଳର ସୀସା ତୁଳନାରେ ଲୁହାର T_1 ଓ T_2 ମଧ୍ୟରେ ଉଦ୍ଭବ ମୋଟ ତାପ ବି: ଗ୍ଧ: ବ:

$$E^{Fe}_{Pb} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dE}{dT} \times dT = \int_{T_1}^{T_2} PdT$$

$= \text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ } A_1T_1T_2A_2$ ... ... (i)

T_1 ତାପମାତ୍ରାରେ ତମ୍ବା-ସୀସା ତାପଯୁଗଳର ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା
$= B_1T_1$

T_2 ତାପମାତ୍ରାରେ ତମ୍ବା-ସୀସା ତାପଯୁଗଳର ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା
$= B_2T_2$

ସୁତରାଂ ତମ୍ବା-ସୀସା ଯୁଗଳରେ ସୀସା ତୁଳନାରେ T_1 ଓ T_2 ମଧ୍ୟରେ ଉଦ୍ଭବ ମୋଟ ବିଭବ

$$E^{Cu}_{Pb} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dE}{dT} \times dT = \int_{T_1}^{T_2} PdT$$

$= \text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ } B_1T_1T_2B_2$ ... ... (ii)

କିନ୍ତୁ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ଧାତୁ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$$E^{Fe}_{Cu} = E^{Fe}_{Pb} - E^{Cu}_{Pb}$$

$= \text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ } A_1T_1T_2A_2 - \text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ } B_1T_1T_2B_2$

$= \text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ } A_1B_1B_2A_2$ ... ... (16·27)

ସୁତରାଂ କୌଣସି ଦୁଇ ଧାତୁରେ ନିର୍ମିତ ତାପଯୁଗଳର ମୋଟ ତାପ ବି: ଗ୍ଧ: ବ: ଧାତୁଦ୍ୱୟର ଦୁଇ ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ରେଖା ଓ ଯୁଗଳର ସଂଗମସ୍ଥଳର ଦୁଇ ତାପମାତ୍ରାରେ ଅଙ୍କିତ କୋଟି (Ordinate)ଦ୍ୱୟଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ଟ୍ରାପିଜିୟମ ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ, ତାହାର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ସହିତ ସମାନ ।

(v) ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରା :—ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରଖି ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା T_2 ବୃଦ୍ଧି କଲେ ଏହି କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $A_1B_1B_2A_2$ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ଅର୍ଥାତ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚାଳକ ବଳ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । AA' ଓ BB' ରେଖା ପରସ୍ପରକୁ ଛେଦ କରୁଥିବା N ବିନ୍ଦୁରେ ଏହାର ମାନ ସର୍ବାଧିକ ଓ ଏଠାରେ $\frac{dE}{dT}=0$ । କିନ୍ତୁ ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରାରେ ତାପ ବି: ସ୍ତ୍ର: ବ: ସର୍ବାଧିକ ହୁଏ ଓ $\frac{dE}{dT}=0$ । ସୁତରାଂ N ବିନ୍ଦୁର ଅନୁରୂପ ତାପମାତ୍ରା T_n ଏଠାରେ ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରା ।

(vi) ବିପର୍ଯ୍ୟସ୍ତ ତାପମାତ୍ରା :—ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତ ପମାତ୍ରା T_3କୁ ବୃଦ୍ଧି କଲେ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ NA_3B_3କୁ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ବିବେଚନା କରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଏହି କ୍ଷେତ୍ରଫଳକୁ N ବିନ୍ଦୁର ବାମକୁ ଥିବା କ୍ଷେତ୍ରଫଳ NA_1B_1ରୁ ବିୟୋଗ କଲେ ଯୁଗଳର ପରିଣାମୀ ବି: ସ୍ତ୍ର: ବ: ମିଳେ । ଯେଉଁ ତାପମାତ୍ରାରେ (ମନେକର T_4) କ୍ଷେତ୍ର-ଫଳ NA_4B_4 ତାହାର ବାମରେ ଥିବା କ୍ଷେତ୍ରଫଳ NA_1B_1 ସହିତ ସମାନ ହେବ ଅର୍ଥାତ୍ ପରିଣାମୀ ବି. ସ୍ତ୍ର ବ ଶୂନ୍ୟ ହେବ ସେହି ତାପମାତ୍ରା ଯୁଗଳର ବିପର୍ଯ୍ୟସ୍ତ ତାପ-ମାତ୍ରା ।

ଚିତ୍ର ନଂ 16·20 ଓ ସମୀକରଣ 16·27 ଅନୁସାରେ

$$E_{F_e}^{C_u}=\text{କ୍ଷେତ୍ରଫଳ } A_1B_1B_2A_2=\Delta A_1B_1N-\Delta A_2B_2N$$

ବର୍ତ୍ତମାନ N ବିନ୍ଦୁରୁ A_1B_1 ଉପରେ NM_1 ଲମ୍ବ ଅଙ୍କନ କର ଓ ତାହା A_2B_2କୁ M_2 ବିନ୍ଦୁରେ ଛେଦ କରୁ ।

ΔA_1B_1N ଓ ΔA_2B_2N ସଦୃଶ ଅଟେ । ସଦୃଶ ତ୍ରିଭୁଜଗୁଡ଼ିକର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ସେମାନଙ୍କର ଉଚ୍ଚତାର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।

$$\therefore\ E_{F_e}^{C_u}=\Delta A_1B_1N-\Delta A_2B_2N$$

$$=k\,(NM_1^2-NM_2^2),\quad k=\text{ଧ୍ରୁବାଙ୍କ}$$
$$=k\,[(T_n-T_1)^2-(T_n-T_2)^2]$$
$$=k\,[(T_n-T_1+T_n-T_2)(T_n-T_1-T_n+T_2)]$$

$$=k\,[(T_2-T_1)(2T_n-T_1-T_2)]$$

$$=2k\left[\left(T_2-T_1\right)\left(T_n-\frac{T_1+T_2}{2}\right)\right] \quad \ldots \quad \ldots \quad (16{\cdot}28)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ତାପଯୁଗଳର ମୋଟ ବ. ଗ୍ଭ. ବ. ଅଟେ । ଏଠାରେ T_1 ଓ T_2 ଯଥାକ୍ରମେ ଶୀତଳ ଓ ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ଓ T_n ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରା ।

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ, $E=0$
ଯେତେବେଳେ $(T_2-T_1)=0$

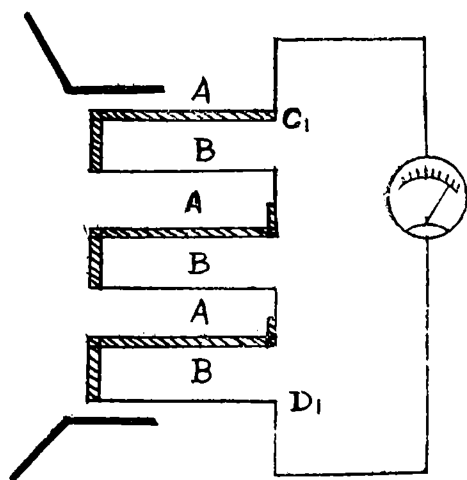
କିମ୍ବା $T_n=\dfrac{T_1+T_3}{2}$

ଅର୍ଥାତ୍ $2T_n=T_1+T_2$

ସୁତରାଂ ଏଠାରେ T_n ବ୍ୟତିକ୍ରମ ତାପମାତ୍ରା ଅଟେ ।

16·20 ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ପ୍ରଭାବର ବ୍ୟାବହାରିକ ପ୍ରୟୋଗ :

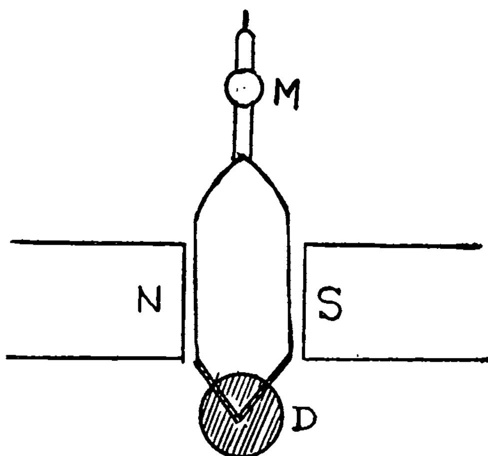
(1) **ତାପ ସ୍ତୂପ** (Thermopile) :—ଯେକୌଣସି ଗୋଟିଏ ତାପଯୁଗଳର ବ. ଗ୍ଭ. ବ. ଖୁବ୍ ସାମାନ୍ୟ । କିନ୍ତୁ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ସଦୃଶ ତାପଯୁଗଳକୁ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କଲେ ବ୍ୟବସ୍ଥାଟିର ବ. ଗ୍ଭ. ବ. ଯଥେଷ୍ଟ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ଏହି ସୂତ୍ର ଅବଲମ୍ବନରେ ଏଣ୍ଟିମନି (A) ଓ ବିସ୍‌ମଥ (B) (ଚିତ୍ର ନଂ 16·22) ନିର୍ମିତ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ତାପଯୁଗଳକୁ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରି ତାପ-ସ୍ତୂପ ତିଆରି କରାଯାଇଛି । ପରିପଥରେ ରୋଧ ହ୍ରାସ କରିବାପାଇଁ ଏହି ତାପ ଯୁଗଳରେ ମୋଟା ଧାତୁର ଦଣ୍ଡ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ତାପ ସ୍ତୂପର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ CD ଗୋଟିଏ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ଅଧିକ ପରିମାଣ ବିକିରଣ ଶୋଷଣ କରିବାପାଇଁ ଯନ୍ତ୍ରର ଗୋଟିଏ ପାର୍ଶ୍ୱର



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·22)

ସଂଗମସ୍ଥଳଗୁଡ଼ିକୁ କଳା କରାଯାଇଥାଏ ଓ ସେହି ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ବିକିରଣ ପଥରେ ରଖାଯାଏ । ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳଗୁଡ଼ିକର ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରଖିବାପାଇଁ ସେଗୁଡ଼ିକ ଉପରେ ଗୋଟିଏ ଧାତବ ଆବରଣ (Cap) ଦିଆଯାଇଥାଏ । ବିକୀର୍ଣ୍ଣ ତାପଦ୍ୱାରା ଅନାବୃତ ପାର୍ଶ୍ୱ ଉତ୍ତପ୍ତ ହେଲେ ଗାଲଭାନୋମିଟରରେ ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ଖୁବ୍ କ୍ଷୀଣ ତାପ ବିକିରଣ ସୂଚିତ ହୋଇପାରେ ।

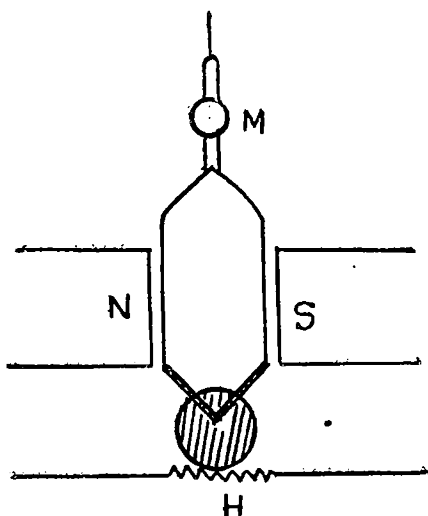
(2) **'ବୟ୍ସ'ଙ୍କ ବିକିରଣ ମାଇକ୍ରୋମିଟର** (Boy's Radio Micrometer) :—ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ଗୋଟିଏ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ଓ ଗୋଟିଏ ତାପଯୁଗଳର ସଂଯୋଗ ବୋଲି ବିବେଚନା କରାଯାଇପାରେ । ଏଥିରେ ଗୋଟିଏ ତମ୍ବା ତାର କୁଣ୍ଡଳୀର ନିମ୍ନପ୍ରାନ୍ତଦ୍ୱୟକୁ କ୍ଷୁଦ୍ର ଏଣ୍ଟିମନି-ବିସ୍ମଥ ଦଣ୍ଡ ନିର୍ମିତ ଗୋଟିଏ ତାପଯୁଗଳ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ତାପଯୁଗଳକୁ ଗୋଟିଏ ତମ୍ବା ଥାଳିଆ ସହିତ ଝାଳେଇ କରାଯାଇଥାଏ ଓ ତମ୍ବା ଥାଳିଆର ପୃଷ୍ଠଭାଗକୁ କଳା କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଗୋଟିଏ ଘୋଡ଼ାନାଳ ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ କ୍ୱାର୍ଜ ତନ୍ତୁଦ୍ୱାରା ଝୁଲୁଥାଏ । ତମ୍ବା ଥାଳିଆ ଉପରେ ବିକୀର୍ଣ୍ଣ ତାପ ଆପତିତ ହେଲେ ତାପଯୁଗଳର ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ଏହା ଫଳରେ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ତାପବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହୁଏ । ସୂକ୍ଷ୍ମ ବିକ୍ଷେପ ମାପ କରିବା ପାଇଁ କ୍ୱାର୍ଜ ତନ୍ତୁ ଉପରେ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର ଦର୍ପଣ M ଲଗାଯାଇଥାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ଅଧିକ ସୁଗ୍ରାହୀ ଅଟେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·23)

(3) **ଡୁଡେଲ୍ ତାପ-ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର** (Duddel Thermo Galvanometer) :—ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାମାନ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ଏକ ବିକିରଣ ମାଇକ୍ରୋମିଟର ମାତ୍ର ଓ ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଖୁବ୍ କ୍ଷୀଣ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା (ସରଳ ତଥା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ) ମାପ କରିହୋଇପାରେ । ଏଠାରେ ଗୋଟିଏ ଘୋଡ଼ାନାଳ ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ରୁପାର ଗୋଟିଏ ତାରକୁଣ୍ଡଳୀ କ୍ୱାର୍ଜ ତନ୍ତୁ ସାହାଯ୍ୟରେ ଝୁଲୁଥାଏ । ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀ ତାରର ନିମ୍ନପ୍ରାନ୍ତଦ୍ୱୟ କ୍ଷୁଦ୍ର ଏଣ୍ଟିମନି ବିସ୍ମଥ୍ ଦଣ୍ଡ

ନିର୍ମିତ ଗୋଟିଏ ତାପଯୁଗଳ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ଏହି ତାପଯୁଗଳର ନିମ୍ନରେ ଓ ତାହାର ଖୁବ୍ ନିକଟରେ ଗୋଟିଏ ରୋଧ ତାର H ଥାଏ । ଏହି ରୋଧ ତାର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାହା ଜୁଲ୍ ତାପ ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ତପ୍ତ ହୁଏ । ସେଥିରୁ ତାପ ସଞ୍ଚାରିତ ହୋଇ ତାପଯୁଗଳର ସଂଗମସ୍ଥଳକୁ ଉତ୍ତପ୍ତ କରେ ଓ ଫଳରେ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ତାପ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ତାହା ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହୁଏ । H ମଧ୍ୟରେ ଉତ୍ପାଦିତ ହେଉଥିବା ଜୁଲ୍ ତାପ, ପ୍ରବାହର ଦିଗ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ; ଏବଂ ତେଣୁ ଏହାଦ୍ୱାରା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ମାପ କରିବା ସମ୍ଭବ ହୁଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଦ୍ୱାରା ମାଇକ୍ରୋଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ ମାପ କରାଯାଇପାରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·24)

(4) **ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ ପାଇରୋମିଟର** (Thermo-electric Pyrometer) :—ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ତାପମାତ୍ରା ମାପ କରାଯାଏ । ଏହା ଗୋଟିଏ ତାପଯୁଗଳ ଓ ବିଭିନ୍ନ ତାପମାତ୍ରା ମାପ କରିବା ପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ଧାତୁରେ ନିର୍ମିତ ହୋଇଥାଏ । ପ୍ଲାଟିନମ୍ ଓ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ରେଡ଼ିୟମ୍ ତାର ନିର୍ମିତ ତାପଯୁଗଳ ସାହାଯ୍ୟରେ 1000°C ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତାପମାତ୍ରା ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ଏଠାରେ ଯୁଗଳଟିକୁ ସାଧାରଣତଃ ଗୋଟିଏ ଚିନାମାଟି ବା କ୍ୱାର୍ଜ ନଳ ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଇଥାଏ । ମୋଲିବ୍ଡେନମ-ଟଙ୍ଗଷ୍ଟେନ ନିର୍ମିତ ତାପଯୁଗଳ ସାହାଯ୍ୟରେ 1500°C ତାପମାତ୍ରା ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ସହିତ ମିଲିଭୋଲ୍ଟମିଟର ବା ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇ ମାପ କରାଯାଏ ।

ତମ୍ବା-କନଷ୍ଟେଣ୍ଟାନ୍ ତାପଯୁଗଳ ସାହାଯ୍ୟରେ – 200°C ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ନିମ୍ନ ତାପମାତ୍ରା ମାପ କରାଯାଇପାରେ ।

ଉଦାହରଣ (1) :—100°C ତାପମାତ୍ରା ତାରତମ୍ୟ ପାଇଁ ଲୁହା-ପ୍ଲାଟିନମ୍ ଓ କନଷ୍ଟେଣ୍ଟାନ୍-ପ୍ଲାଟିନମ୍ ତାପଯୁଗଳର ବି. ଗ୍ୱ. ବ. ଯଥାକ୍ରମେ 1600 ଓ – 3440·

ମାଇକ୍ରୋଭୋଲ୍ଟ । ଲୁହା-କନ୍‌ଷ୍ଟେଣ୍ଟାନ୍ ତାପଯୁଗଳର ୧ କ ଡିଗ୍ରୀ ତାପମାତ୍ରା ତାରତମ୍ୟ ପାଇଁ ବି. ଗ୍ଯୁ. ବ. ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$$E_{Pt}^{Fe} = \frac{1600}{100} = 16 \text{ ମାଇକ୍ରୋଭୋଲ୍ଟ}/°C$$

$$E_{Pt}^{Const} = -\frac{3440}{100} = -34{\cdot}40 \text{ ମାଇକ୍ରୋଭୋଲ୍ଟ}/°C$$

$$E_{Const}^{Fe} = E_{Pt}^{Fe} + E_{Const}^{Pt} = E_{Pt}^{Fe} - E_{Pt}^{Const}$$

$$= 16 - (-34{\cdot}40) = 50{\cdot}4 \text{ ମାଇକ୍ରୋଭୋଲ୍ଟ}/°C$$

ଉଦାହରଣ (2) :—ଗୋଟିଏ ତାପଯୁଗଳର ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳ 0°C ତାପମାତ୍ରାରେ ଥିବାବେଳେ ତାହାର ବି. ଗ୍ଯୁ. ବ. $E = at + bt^2$ । ତାପଯୁଗଳର ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରା, ପେଲ୍‌ଟିୟରର ଓ ଟମସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଯଦି ଏହି ପରମ ତାପମାତ୍ରାରେ ପ୍ରକାଶିତ ହେଲେ—

$E = a(T - 273) + b(T - 273)^2$, $T =$ ପରମ ତାପମାତ୍ରା

$$\therefore \frac{dE}{dT} = a + 2b(T - 273),$$

ଏବଂ $\dfrac{d^2E}{dT^2} = 2b$

ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରା t_nରେ $\dfrac{dE}{dT} = 0$;

$$\therefore t_n = (T_n - 273) = -\frac{a}{2b}$$

ପେଲଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ $\pi = T\dfrac{dE}{dT}$

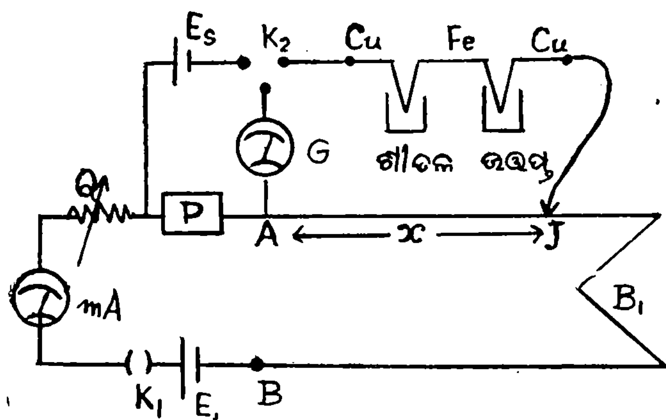
$$= T[a + 2b(T - 273)] = T(a + 2bt)$$

ଟମସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କ $\sigma = T\dfrac{d^2E}{dT^2} = T \times 2b = 2bT$

16·21 ତାପ ବି: ଗୃ: ବ:ର ମାପ (Measurement of thermo-e m. f.) :

କୌଣସି ତାପଯୁଗଳରେ ଉଦ୍ଭବ ହେଉଥିବ ତାପ ବି: ଗୃ: ବ:ର ପରିମାଣ ଖୁବ୍ ସାମାନ୍ୟ – ମାତ୍ର କେତେକ ମିଲିଭୋଲ୍ଟ । ତେଣୁ ଏହି ବି: ଗୃ: ବ: ସଠିକ ଭାବରେ ମାପ କରିବା ପାଇଁ ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

ଏହି ପରୀକ୍ଷାର ଆବଶ୍ୟକୀୟ ପରିପଥ ଚିତ୍ର ନଂ 16·25ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ କୋଷ E_1 ସହିତ ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର୍ ତାର AB_1B, ରୋଧ ବାକ୍ସ P, ରିଓଷ୍ଟାଟ୍ Rh, ମିଲିଏମିଟର mA ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ Pର ଦୁଇପାର୍ଶ୍ୱ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G ଓ ଦ୍ୱିପଥ ଚାବି K_2 ମଧ୍ୟଦେଇ କାଡ଼ମିୟମ୍ ପ୍ରମିତ କୋଷ E_s (V=1·0183)



(ଚିତ୍ର ନଂ 16·25)

ଭୋଲ୍ଟ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ତାପଯୁଗଳର ଗୋଟିଏ ପ୍ରାନ୍ତ ଦ୍ୱିପଥ ଚାବି K_2 ଓ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟଦେଇ ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର ତାରର ପ୍ରାନ୍ତ A ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ଅପର ପ୍ରାନ୍ତ ଜକି J ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ଚାବି K_2 ଦ୍ୱାରା Gକୁ ପ୍ରମିତ କୋଷ ପରିପଥ ବା ତାପଯୁଗଳ ପରିପଥରେ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ କରାଯାଇପାରେ ।

ପ୍ରଥମେ Pର କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମାନ ପାଇଁ Q ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ କରାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଏପରି ହେବା ପ୍ରୟୋଜନ ଯେପରି Pର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ଉପୁଜିଥିବ ବିଭବାନ୍ତର ପ୍ରମିତ କୋଷର ବି. ଗୃ. ବ. ସହିତ ସମତୁଲିତ ହେବ । ସେଥିପାଇଁ K_2 ସାହାଯ୍ୟରେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର

Gକୁ ପ୍ରମିତ କୋଷ ପରିପଥରେ ଅନୁବନ୍ଧ କରି ସେଥିରେ ଯେପରି ବିକ୍ଷେପ ନହୁଏ ତାହା ଦେଖାଯାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା—

$$I = \frac{1 \cdot 0183}{P} \text{ ଏମ୍ପିୟର୍}$$

ପୋଟେନ୍‌ସିଓମିଟର ତାରର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଯଦି 10^4 ମିଲିମିଟର ଓ ତାହାର ରୋଧ ଯଦି R ଓମ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଏକ ମିଲିମିଟର ତାରର ରୋଧ$=\frac{R}{10^4}$ ଓମ୍ ହେବ । ସୁତରାଂ ଏକ ମିଲିମିଟର ତାରରେ ବିଭବପାତ$=IR/10^4$ ଭୋଲ୍‌ଟ$=\frac{1 \cdot 0183}{P} \times \frac{R}{10^4}$ ଭୋଲଟ୍ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ପ୍ରମିତ କୋଷ ସହିତ ସଂଯୋଗ ଛିନ୍ନ କରି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରକୁ ତାପଯୁଗଳ-ପରିପଥରେ K_2 ସାହାଯ୍ୟରେ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ତାପଯୁଗଳର ଗୋଟିଏ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରଖି ଅନ୍ୟ ସଂଗମସ୍ଥାନର ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଏ ଓ ଏହି ସଂଯୋଗସ୍ଥଳର ବିଭିନ୍ନ ତାପମାତ୍ରା ପାଇଁ ଜକି J ସାହାଯ୍ୟରେ ପୋଟେନ୍‌ସିଓ-ମିଟର ତାର ଉପରେ ସନ୍ତୁଳନ ବିନ୍ଦୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଜକିର ଅବସ୍ଥାନ J ଯଦି A ବିନ୍ଦୁଠାରୁ x ମିଲିମିଟର ଦୂରରେ ହୋଇଥାଏ, ତାହାହେଲେ ତାପଯୁଗଳର ତାଃ ଗୁଃ ବଃ

$$E = \frac{1 \cdot 0183}{P} \times \frac{R}{10^4} \times x \text{ ଭୋଲ୍‌ଟ}$$

$$= \frac{1 \cdot 0183}{P} \times \frac{R}{10^4} \times 10^6 \times x \text{ ମାଇକ୍ରୋଭୋଲ୍‌ଟ}$$

ସାଧାରଣତଃ ତାପଯୁଗଳର ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳକୁ ବରଫ ମଧ୍ୟରେ ରଖି ତାହାର ତାପମାତ୍ରା $0°C$ କରାଯାଏ ଓ ଅନ୍ୟ ସଂଗମସ୍ଥଳକୁ ଜଳରେ ରଖି ତାହାର ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଏ । $100°C$ରୁ ଅଧିକ ତାପମାତ୍ରାରେ ତାଃ ଗୁଃ ବଃ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେଲେ ସେଥିପାଇଁ $100°C$ ଠାରୁ ଅଧିକ ସ୍ଫୁଟନାଙ୍କବିଶିଷ୍ଟ କୌଣସି ତରଳ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

16·22 'ମହମ'ର ଗଳନାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ମହମର ଗଳନାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ଉପରୋକ୍ତ ଯନ୍ତ୍ରରେ ସାଧାରଣତଃ ଗୋଟିଏ ତମ୍ବା କନ୍‌ଷ୍ଟାଣ୍ଟାନ୍ ତାପଯୁଗଳର ଶୀତଳ ସଂଯୋଗସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା $0°C$

ରଖି ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳର (ଜଳ ମଧ୍ୟରେ) ବିଭିନ୍ନ ତାପମାତ୍ରା ପାଇଁ ତାପଯୁଗଳର ବି: ଗ୍ଯ:ବ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଏବଂ ତାପମାତ୍ରା ଓ ବି: ଗ୍ଯ: ବ: ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳକୁ ଜଳରୁ ବାହାର କରିନେଇ ମହମ ମଧ୍ୟରେ ରଖାଯାଏ ଓ ମହମର ତାପମାତ୍ରା କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧି କରି ବିଭିନ୍ନ ତାପମାତ୍ରାରେ ବି: ଗ୍ଯ: ବ: ମାପ କରାଯାଏ ଓ ତାହା କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ଗଳନାଙ୍କରେ ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରହୁଥିବାରୁ ସେହିଠାରେ ବି: ଗ୍ଯ: ବ: ମାପ ମଧ୍ୟ ସ୍ଥିର ରହେ, ତେଣୁ ବି. ଗ୍ଯ. ବ କରି ସେହି ବି: ଗ୍ଯ: ବ:ର ଅନୁରୂପ ତାପମାତ୍ରା ଗ୍ରାଫ୍‌ରୁ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ, ଏହି ତାପମାତ୍ରା ମହମର ଗଳନାଙ୍କ ଅଟେ ।

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. ସୀବେକ ପ୍ରକ୍ରିୟା, ପେଲଟିୟରପ୍ରକ୍ରିୟା ଓ ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା କଣ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ ପେଲଟିୟର ପ୍ରକ୍ରିୟା କିପରି ପ୍ରଦର୍ଶନ କରାଯାଏ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

2. କୌଣସି ତାପଯୁଗଳର କୌଣସି ଏକ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରଖି ଅନ୍ୟ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିକଲେ ଉଦ୍ଭବ ବି: ଗ୍ଯ: ବ: କି ଭାବରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ? ଏହି ପ୍ରସଙ୍ଗରେ ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରା ଓ ବିପର୍ଯ୍ୟୟ ତାପମାତ୍ରା କଣ ବୁଝାଇଦିଅ ।

3. ଗୋଟିଏ ତାପଯୁଗଳର ଅଂଶାଙ୍କନ (Calibration) କିପରି କରାଯାଏ ଓ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ମହମର (Wax) ଗଳନାଙ୍କ କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

4. ପେଲ୍‌ଟିୟର ପ୍ରକ୍ରିୟା କ'ଣ ଓ ତାହାକୁ ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ କିପରି ପ୍ରଦର୍ଶନ କରାଯାଏ ? ପେଲ୍‌ଟିୟର ପ୍ରକ୍ରିୟା ଓ ଜୁଲ୍ ତାପ ପ୍ରକ୍ରିୟା ମଧ୍ୟରେ ପାର୍ଥକ୍ୟ ଦର୍ଶାଅ ।

5. ସୀବେକ ପ୍ରକ୍ରିୟା କ'ଣ ବୁଝାଇଦିଅ । ପୋଟେନସିଓମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ତାପଯୁଗଳର ବି: ଗ୍ଯ: ବ: କିପରି ମାପ କରାଯାଏ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

6. କେଉଁ ବିଷୟରୁ ଲର୍ଡ଼ କେଲଭିନ୍ ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟାରେ ପୂର୍ବ ସୂଚନା ପାଇଥିଲେ ? ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରଭାବ କଣ ଓ ତାହା ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ କିପରି ପ୍ରଦର୍ଶନ କରାଯାଏ ।

7. ପେଲ୍‌ଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ ଓ ଟମ୍‌ସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କର ସଂଜ୍ଞା ଉଲ୍ଲେଖ କର । ପେଲ୍‌ଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ କପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ?

8. ପେଲ୍‌ଟିୟରର ଗୁଣାଙ୍କ ଓ ଟମ୍‌ସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କର ସଂଜ୍ଞା ଉଲ୍ଲେଖ କର । ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଓ ପେଲ୍‌ଟିୟର ପ୍ରକ୍ରିୟା ଉଭୟ ବିଚାରକୁ ନେଇ ଗୋଟିଏ ତାପଯୁଗଳ ପରିପଥରେ ମୋଟ ବି: ଗ୍ର: ବ: ପାଇଁ ଏକ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର ।

9. ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା କଣ ? ପ୍ରମାଣ କର ଯେକୌଣସି ତାପଯୁଗଳର ଯେକୌଣସି ସଂଗମସ୍ଥଳର ପେଲ୍‌ଟିୟର ଗୁଣାଙ୍କ ଉକ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳର ପରମ ତାପମାତ୍ରା ଓ ସମୁଦାୟ ପରିପଥର ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା'ର ଗୁଣଫଳ ସହିତ ସମାନ ।

10. ପ୍ରମାଣ କର ଯେ କୌଣସି ତାପ-ଯୁଗଳରେ

(i) $\sigma_A - \sigma_B = -T \dfrac{d^2E}{dT^2}$

(ii) $\dfrac{d}{dT}\left(\dfrac{\pi}{T}\right) + \dfrac{(\sigma_A - \sigma_B)}{T} = 0$

11. ଟମ୍‌ସନ୍ ପ୍ରକ୍ରିୟା କଣ ବୁଝାଇଦିଅ । କୌଣସି ତାପଯୁଗଳରେ ପେଲ୍‌ଟିୟରଗୁଣାଙ୍କ ଟମ୍‌ସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କ ଓ ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କସୂଚକ ଏକ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର ।

12 ତାପ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଆରେଖ କାହାକୁ କୁହାଯାଏ ଓ ଏହା କପରି ଅଙ୍କନ କରାଯାଏ ? ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ତାପଯୁଗଳର ବି: ଗ୍ର: ବ: କପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ, ବୁଝାଇଦିଅ ।

13 ଗୋଟିଏ ସୀସା-ଲୁହା ତାପଯୁଗଳର ଶୀତଳ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା 0°C ହେଲେ, ତାହାର ବି: ଗ୍ର: ବ: (ମାଇକ୍ରୋଭୋଲ୍‌ଟ) $E = 1784t - 2{\cdot}4t^2$ ଓ ଏଠାରେ t ଡିଗ୍ରି ସେଣ୍ଟିଗ୍ରେଡ୍ ଏକକରେ ତାପମାତ୍ରା । ତାପଯୁଗଳର ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରା ପେଲ୍‌ଟିୟରଗୁଣାଙ୍କ ଓ ଟମ୍‌ସନ୍ ଗୁଣାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

14. ଲୁହା'ର ତାପ-ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା 0°C ଓ 250°Cରେ ଯଥାକ୍ରମେ 17·5 μV/°C ଓ 5μV/°C । କନ୍‌ସ୍ଟାଣ୍ଟାନ୍‌ର ତାପବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା 0°C ଓ

300°Cରେ ଯଥାକ୍ରମେ 3μV/°C ଓ 15μV/°C । ଲୁହା-କାଡ଼ମିୟମ ତାପଯୁଗଳର ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । [ଉ: 140·3°C]

15. ଗୋଟିଏ ଲୁହା-ସୀସା ତାପଯୁଗଳର ଗୋଟିଏ ସଂଗମସ୍ଥଳ 0°Cରେ ଓ ଅନ୍ୟଟି 100°Cରେ ଥିବାବେଳେ ତାହାର ତାପ ବି: ଘ୍: ବ: 1185μV । ତାହାର ଉତ୍ତପ୍ତ ସଂଗମସ୍ଥଳର ତାପମାତ୍ରା 300°C ହେଲେ ବି: ଘ୍: ବ: 675 μV । ସେହିପରି ରୂପା-ସୀସା ତାପଯୁଗଳର ତାପ ବି: ଘ୍: ବ: ଯଥାକ୍ରମେ 371 μV ଓ 1623 μV । ଲୁହା-ରୂପା ତାପଯୁଗଳର ଉଦାସୀନ ତାପମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । [ଉ :—122°C)

ସପ୍ତଦଶ ପରିଚ୍ଛେଦ

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା—ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ

(Chemical effects of Electric curent—Electrolysis)

17·1 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ (Electrolysis) :

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିବାହୀ କଠିନ କିମ୍ବା ତରଳ ପଦାର୍ଥ ହୋଇପାରେ; କିନ୍ତୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ପରିବହନ କ୍ରିୟା ବିଧି (Mechanism) ଅନୁଯାୟୀ ସେହି ପରିବାହୀଗୁଡ଼ିକୁ ଦୁଇ ଶ୍ରେଣୀରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ । ଏକ ଶ୍ରେଣୀର ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେବାବେଳେ ସେମାନଙ୍କର ପରମାଣୁ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହୁଏ ନାହିଁ କିମ୍ବା ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ସଂଘଟିତ ହୁଏନାହିଁ ; କେବଳ ପରିବାହୀଟି ଭୌତିକ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଫଳରେ ଉତ୍ତପ୍ତ ହୋଇଯାଏ । ଆଧୁନିକ ମତବାଦ ଅନୁଯାୟୀ ଏହି ଶ୍ରେଣୀର ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ସ୍ରୋତ ଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ତମ୍ବା , ଲୁହା, ଏଲୁମିନିୟମ ପ୍ରଭୃତି କଠିନ ଧାତବ ପଦାର୍ଥ ଓ ପାରଦ (ତରଳ) ଏହି ଶ୍ରେଣୀ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ । ଏହି ପ୍ରକାର ପରିବହନକୁ ଧାତବ ପରିବହନ (Metallic conduction) କୁହାଯାଏ । ଅନ୍ୟ ଏକ ଶ୍ରେଣୀର ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ସେଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ବିଯୋଜନ କ୍ରିୟା (Dissociation) ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ ସେଗୁଡ଼ିକ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ (Ion)ରେ ପରିଣତ ହୁଅନ୍ତି । ଏହି ବିପରୀତ ବିଦ୍ୟୁତଯୁକ୍ତ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଏକ-କାଳୀନ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଧାବମାନ ହୁଅନ୍ତି ଓ ଫଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଏହି ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକ ସାଧାରଣତଃ କେତେକ ଯୌଗିକ ପଦାର୍ଥର ଦ୍ରବଣ ଅଟେ । ସମସ୍ତ ପ୍ରକାର ଅମ୍ଳ (Acid), କ୍ଷାର (Alkali) ଓ କେତେକ ନିରପେକ୍ଷ ଲବଣ (Salt) ର ଦ୍ରବଣ ଏହି ଶ୍ରେଣୀ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ଗନ୍ଧକାମ୍ଳ (H_2SO_4) କପର୍ ସଲ୍‌ଫେଟ୍ ($CuSO_4$), ସିଲ୍‌ଭର୍ ନାଇଟ୍ରେଟ୍ ($AgNO_3$) ପ୍ରଭୃତିର ଦ୍ରବଣ ଉଲ୍ଲେଖ ଯୋଗ୍ୟ ।

ଯେଉଁ ଯୌଗିକ ପଦାର୍ଥର ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ବିଯୋଜନ କ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ ତାହାକୁ **ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ** (Electrolyte) ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ଯେଉଁ ବିଯୋଜନ କ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ, ତାହାକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ (Electrolysis) କୁହାଯାଏ ।

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ କହିଲେ ସାଧାରଣତଃ ଯୌଗିକ ପଦାର୍ଥର ଦ୍ରବଣକୁ ବୁଝାଏ; କିନ୍ତୁ କେତେକ କଠିନ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ହୋଇପାରେ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ କଷ୍ଟିକ୍ ସୋଡ଼ା ($NaOH$), ସିଲଭର ଆୟୋଡାଇଡ୍ ଇତ୍ୟାଦି । ବିଶୁଦ୍ଧ ଜଳ, କିରୋସିନ୍, ପାରଫିନ୍ ତେଲ, ସୁରାସାର (Alcohol) ପ୍ରଭୃତି ତରଳ ପଦାର୍ଥ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ନୁହେଁ । ଜଳରେ ଅଳ୍ପ ଗନ୍ଧକାମ୍ଳ ମିଶାଇଲେ ତାହା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।

ଯେଉଁ ପାତ୍ରରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ରଖି ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରାଯାଏ, ତାହାକୁ **ଭୋଲ୍‌ଟମିଟର୍** (Voltameter) ବା **ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ କୋଷ** (Electrolytic cell) କୁହାଯାଏ । ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର (Electrode) ମଧ୍ୟଦେଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବେଶ କରେ, ତାହାକୁ **ଏନୋଡ୍** (Aode) ଓ ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରସ୍ଥାନ କରେ ତାହାକୁ **କେଥୋଡ୍** (Kathode) କୁହାଯାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ବିଶ୍ଳେଷଣ ଫଳରେ ଉଦ୍ଭବ ହେଉଥିବା ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନକୁ **ଏନାୟନ୍** (Anion) ଓ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନକୁ **କେଟାୟନ୍** (Cation) କୁହାଯାଏ ଏବଂ ସେଗୁଡ଼ିକ ଯଥାକ୍ରମେ ଏନୋଡ଼ ଓ କେଥୋଡ୍ ଦିଗରେ ଧାବମାନ ହୁଅନ୍ତି ।

17·2 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ତତ୍ତ୍ୱ (Theory of Electrolysis) :

ବୈଜ୍ଞାନିକ ଆରହେନିଅସ୍ (Arrhenius) 1887 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣର ଏକ ସମୁଚିତ ତତ୍ତ୍ୱ ପରିବେଷଣ କରିଥିଲେ । ଏହି ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ କୌଣସି ପଦାର୍ଥ କୌଣସି ଦ୍ରାବକ ମଧ୍ୟରେ ଦ୍ରବ୍ୟ ହେଲେ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ତାହାର ଅଣୁଗୁଡ଼ିକ ବିଯୋଜିତ ହୋଇ ଚାର୍ଜିତ ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୁଅନ୍ତି । ଏହି ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବାହ୍ୟ ବିଭବାନ୍ତର ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ଏହି ଚାର୍ଜିତ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଗତିଶୀଳ ହୁଅନ୍ତି ଏବଂ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ କେଥୋଡ୍ ଦିଗରେ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଏନୋଡ଼ ଦିଗରେ ଗତି କରନ୍ତି ।

ପ୍ରତ୍ୟେକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର ଅଣୁ ଗୋଟିଏ ଧାତବ ବା କ୍ଷାରୀୟ ମୂଳକ (Radical) ଓ ଗୋଟିଏ ଅମ୍ଳ ମୂଳକଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଧାତବମୂଳକ କୌଣସି ଧାତୁର ପରମାଣୁ ବା ଉଦ୍‌ଜାନ ପରମାଣୁ ଏବଂ ଅମ୍ଳମୂଳକ କୌଣସି ଅଧାତୁ ବା ତାହାର ଅକ୍ସାଇଡ୍ ହୋଇପାରେ । ଏହି ମୂଳକ ବା ଆୟନର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ ସମାନ ଓ ବିପରୀତ ଏବଂ କଠିନ ଅବସ୍ଥାରେ ସେମାନେ ପରସ୍ପରକୁ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳଦ୍ୱାରା ଆକର୍ଷଣ କରି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହିଥାନ୍ତି । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ $CuSO_4$ ଅଣୁରେ

ଧାତବମୂଳକ Cu^{++} ଓ ଅମ୍ଳମୂଳକ SO_4^{--} । ସେହିପରି $NaCl$ ଅଣୁର ଧାତବମୂଳକ Na^+ ଓ ଅମ୍ଳମୂଳକ Cl^- ।

ବର୍ତ୍ତମାନ $NaCl$ ଅଣୁ କିପରି Na^+ ଓ Cl^- ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୁଏ, ତାହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା । $NaCl$ ଅଣୁ ଗୋଟିଏ Na^{23}_{11} ପରମାଣୁ ଓ ଗୋଟିଏ Cl^{35}_{17} ପରମାଣୁ ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । Na ପରମାଣୁରେ ଥିବା 11 ଗୋଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନରୁ ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ତାହାର ବାହ୍ୟକକ୍ଷରେ (Outer orbit) ଥାଏ ଓ ତାହାକୁ **ଭେଲେନ୍ସି** (Valency) **ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍** କୁହାଯାଏ । ସେହିପରି Cl ପରମାଣୁର 35 ଗୋଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ମଧ୍ୟରୁ 7 ଗୋଟି ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ବାହ୍ୟକକ୍ଷରେ ଥାଏ ଏବଂ ସେମାନଙ୍କ ସହିତ ଆଉ ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ମିଶିଲେ ତାହାର ବାହ୍ୟ କକ୍ଷ ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ହେବ । ଯେତେବେଳେ Na ଓ Cl ପରମାଣୁ ପରସ୍ପରର ସନ୍ନିକଟସ୍ଥ ହୁଅନ୍ତି ସେତେବେଳେ Naର ବାହ୍ୟ କକ୍ଷରେ ଥିବା ଇଲେକ୍ଟ୍ରନଟି Cl ପରମାଣୁର ବାହ୍ୟକକ୍ଷକୁ ଚାଲିଯାଏ ଓ ଫଳରେ ଉଭୟର ବାହ୍ୟ କକ୍ଷ ପରିପୂର୍ଣ୍ଣ ହୁଏ । ଏହାଦ୍ୱାରା Na ପରମାଣୁ ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ହରାଇ ଏକକଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜବିଶିଷ୍ଟ Na^+ ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଓ Cl ପରମାଣୁ ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ୍ ଲାଭକରି ଏକକ ବିଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜବିଶିଷ୍ଟ Cl^- ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି Na^+ ଆୟନ ଓ Cl^- ଆୟନ ପରସ୍ପରକୁ ଏକ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳଦ୍ୱାରା ଆକର୍ଷଣ କରି ସାମ୍ୟାବସ୍ଥାରେ ରହନ୍ତି ଓ ଏହା ଫଳରେ ଗୋଟିଏ $NaCl$ ଅଣୁ ଗଠିତ ହୁଏ ।

ଯେକୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର ଦୁଇ ମୂଳକ ବା ଆୟନ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ

$$F = \frac{1}{k} \times \frac{q_1 q_2}{r^2} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (17{\cdot}1)$$

ଏଠାରେ K = ମାଧ୍ୟମର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ

ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପାରକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ $K = 1$ ଓ ଜଳର $K = 81$ । ସୁତରାଂ ଯେତେବେଳେ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ, ଉଦାହରଣସ୍ୱରୂପ $NaCl$, ଜଳରେ ଦ୍ରବ ହୁଏ, ସେତେବେଳେ ତାହାର ଆୟନ ଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ଅନ୍ତଃପରମାଣବିକ ବନ୍ଧନ ବଳ ଶୂନ୍ୟସ୍ଥାନ ତୁଳନାରେ $\frac{1}{81}$ ଗୁଣ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଏହି ହ୍ରାସପ୍ରାପ୍ତ କ୍ଷୁଦ୍ର ବଳ ଦୁଇ ଆୟନକୁ ଆଉ ବାନ୍ଧିରଖିବାକୁ ସକ୍ଷମ ହୁଏନାହିଁ ଓ ଫଳରେ ଅଣୁଟି ତାପୀୟ ଆଲୋଡ଼ନ (Thermal agitation) ଦ୍ୱାରା ବିଯୋଜିତ ହୋଇ ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି ବିଯୋଜନକୁ **ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣୀୟ ବିଯୋଜନ** (Electrolytic

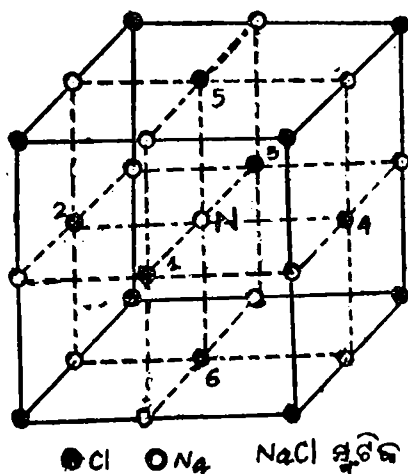
Dissociation) କୁହାଯାଏ । $NaCl$ର ଉପରୋକ୍ତ ବିଘଟନ ବା ଆୟନୀକରଣକୁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ରାସାୟନିକ ସୂତ୍ରଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।



$$NaCl \rightarrow Na^{+} + Cl^{-}$$

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର (Electrode) ଆଂଶିକ ନିମଗ୍ନ କରି ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବିଭବାନ୍ତର ପ୍ରତିଷ୍ଠା କଲେ ବିଘଟନ ଫଳରେ ଉଦ୍ଭବ ହୋଇଥିବା ଯୁକ୍ତ ଆୟନ କେଥୋଡ୍ ଦିଗରେ ଓ ବିଯୁକ୍ତ ଆୟନ ଏନୋଡ୍ ଦିଗରେ ଧାବମାନ ହୁଅନ୍ତି । ଆୟନର ଏହି ଗତି ଫଳରେ ଦ୍ରବଣ ଅର୍ଥାତ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ।

$NaCl$, $CuSO_4$ ପ୍ରଭୃତି ସ୍ଫଟିକର (Crystal) ରଞ୍ଜନରଶ୍ମି ବିବର୍ତ୍ତନ ପାଠ୍ୟ (X-ray diffraction studies) ଉପରୋକ୍ତ ତତ୍ତ୍ୱର ସତ୍ୟତା ପ୍ରମାଣ କରେ । ଏହି ପରୀକ୍ଷା $NaCl$,$CuSO_4$ ପ୍ରଭୃତି ସ୍ଫଟିକରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ସୁଶୃଙ୍ଖଳ ଭାବରେ ସଜ୍ଜିତ ହୋଇ ରହିଥିବା ବିଷୟ ଦର୍ଶାଏ । ଚିତ୍ର ନଂ 17·1 ରେ $NaCl$ ସ୍ଫଟିକର ଏକ ଜାଫରିଜାଲି (Lattice) ଅନୁନ୍ୟାସ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ ଅନୁନ୍ୟାସଟି ଗୋଟିଏ ଘନକ୍ଷେତ୍ର ଓ ତାହାର ଏକାନ୍ତର (Alternate) କୌଣୀୟ ସ୍ଥାନରେ (Corners) Na^{+} ଓ Cl^{-} ଆୟନ ଅବସ୍ଥିତ । ଏହି ସ୍ଫଟିକ ଜଳ ସଂସ୍ପର୍ଶରେ ଆସିଲେ ତାହାର ଆୟନମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ସ୍ଥିର-ବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳ ହ୍ରାସ ପାଏ ଓ ତାପୀୟ ଆନ୍ଦୋଳନ ଫଳରେ ସ୍ଫଟିକଟି ଭାଙ୍ଗି Na^{+} ଓ Cl^{-} ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।



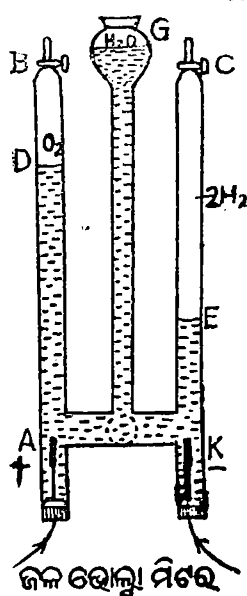
(ଚିତ୍ର ନଂ 17·1)

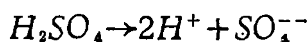
ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର ସ୍ଫଟିକ ଆୟନଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ହୋଇଥିବାରୁ ଏଠାରେ କୁହାଯାଇପାରେ ଯେ ଆୟନୀକରଣ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର ଏକ ଅନ୍ତର୍ନିହିତ ଧର୍ମ ଏବଂ ଏହା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ଜଳରେ ଦ୍ରବ ହେବା ଫଳରେ ଘଟେନାହିଁ କିମ୍ବା ବାହ୍ୟ ବିଭବାନ୍ତର ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେବା ଫଳରେ ଘଟେନାହିଁ । ଦ୍ରବଣ ଏହି ଆୟନମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ କାର୍ଯ୍ୟକରୁଥିବା

ସ୍ଥିରବୈଦ୍ୟୁତିକ ବଳକୁ କେବଳ ହ୍ରାସ କରି ସେଗୁଡ଼ିକୁ ମୁକ୍ତ (Free) କରେ ଓ ବିଭବାନ୍ତର ସେମାନଙ୍କୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ଦିଗରେ ଗତିଶୀଳ କରାଏ ।

17·3 ଭୋଲ୍‌ଟାମିଟର (Voltameters) :

(1) **ଜଳ ଭୋଲ୍‌ଟମିଟର୍ (ଜଳ କିମ୍ବା ଜଳମିଶ୍ରିତ ଗନ୍ଧକାମ୍ଳର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ବିଶ୍ଳେଷଣ)** (Water Voltameter) :—ଜଳ ଭୋଲ୍‌ଟମିଟର୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଜଳର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ କରାଯାଏ । ଜଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପରିବାହୀ ନୁହେଁ ।





(ଚିତ୍ର ନଂ 17·2)

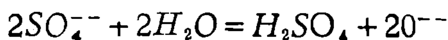
ତେଣୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ବିଶ୍ଳେଷଣ ପାଇଁ ସେଥିରେ କେତେକ ବୁନ୍ଦା ଅନ୍ଧକାମ୍ଳ (H_2SO_4) ମିଶାଯାଏ ଓ ଏହି ଅମ୍ଳମିଶ୍ରିତ ଜଳକୁ ପରସ୍ପର ସଂଯୁକ୍ତ ଦୁଇଟି ଭୂଲମ୍ବ ଓ ଅଙ୍କିତ କାଚନଳୀ (ଚିତ୍ର ନଂ 17·2) AB ଓ KC ମଧ୍ୟରେ ଭର୍ତ୍ତି କରାଯାଏ । ଏହି କାଚନଳୀ ଦ୍ୱୟର ନିମ୍ନଭାଗରେ ଦୁଇଗୋଟି ପ୍ଲାଟିନମ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର A (ଏନୋଡ଼୍) ଓ K (କେଥୋଡ଼୍) ଥାଏ । ଜଳ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ଏନୋଡ଼୍ A ନିକଟରେ ଅମ୍ଳଜାନ (Oxygen) ଓ କେଥୋଡ଼୍ K ନିକଟରେ ଉଦ୍‌ଜାନ (Hydrogen) ଗ୍ୟାସ୍ ନିର୍ଗତ ହୁଏ ଏବଂ ଉଦ୍‌ଜାନର ଆୟତନ (Volume) EC ଅମ୍ଳଜାନର ଆୟତନ DBର ଦୁଇଗୁଣ ହେଉଥିବାର ଦେଖାଯାଏ । ସୁତରାଂ ଯେଉଁ ଅନୁପାତରେ ଉଦ୍‌ଜାନ ଓ ଅମ୍ଳଜାନର ମିଶ୍ରଣ ଦ୍ୱାରା ଜଳ ଗଠିତ ହୁଏ ସେହି ଅନୁପାତରେ ସେମାନେ ଯଥାକ୍ରମେ କେଥୋଡ଼ ଓ ଏନୋଡ଼ ନିକଟରେ ନିର୍ଗତ ହୁଅନ୍ତି ।

ତତ୍ତ୍ୱ (Theory) :—ଏଠାରେ ପ୍ରତ୍ୟେକ H_2SO_4 ଅଣୁ ବିଯୋଜିତ ହୋଇ ଦୁଇଟି H^+ ଆୟନ ଓ ଗୋଟିଏ SO_4^{-} ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୁଏ

$$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{--}$$

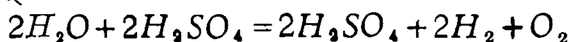
ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ଥିବାରୁ H^+ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ କେଥୋଡ଼ ଦିଗରେ ଗତି କରେ ଏବଂ ସେଠାରେ ଯୁକ୍ତ ଋଣ ତ୍ୟାଗକରି ଉଦ୍‌ଜାନ ଗ୍ୟାସ୍‌ରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଓ ଉପରକୁ ଉଠିଯାଏ । ସେହିପରି SO_4^{--} ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଏନୋଡ଼୍

ଦିଗରେ ଗତିକରେ ଏବଂ ସେଠାରେ ଜଳ ସହିତ ନିମ୍ନଲିଖିତ ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦନ କରି H_2SO_4 ଓ O^{--} ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।



$$2SO_4^{--} + 2H_2O = H_2SO_4 + 2O^{--}$$

O^{--} ଆୟନ ତାହାର ଚାର୍ଜ ଏନୋଡ୍‌ରେ ତ୍ୟାଗ କରେ ଓ ଅମ୍ଳଜାନ ଗ୍ୟାସରେ ପରିଣତ ହୋଇ ଉପରକୁ ଉଠିଯାଏ । ସୁତରାଂ ଏଠାରେ H_2SO_4 ପୂର୍ବପରି ଦ୍ରବଣରେ ରହେ ଓ ତାହାର ଅପଚୟ ହୁଏ ନାହିଁ ; ତେଣୁ ଜଳର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ନିମ୍ନଲିଖିତ ସୂତ୍ର ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ—



$$2H_2O + 2H_2SO_4 = 2H_2SO_4 + 2H_2 + O_2$$

ଅମ୍ଳଜାନ ଜଳରେ ମିଶି କିଛି ଓଜନ (Ozone) ରଚନା କରେ ଓ ସେଥିପାଇଁ ଉଦ୍‌ଜାନ ଅମ୍ଳଜାନର 2 : 1 ଅନୁପାତରେ କିଛି ବ୍ୟତିକ୍ରମ ଘଟେ ।

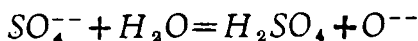
ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଅମ୍ଳମିଶ୍ରିତ ଜଳରେ ମଧ୍ୟ ଅନୁରୂପ ବିଯୋଜନ ଘଟେ ।

(2) **କପର ଭୋଲ୍‌ଟାମିଟର (Copper Voltameter)** :—ଏହି ଭୋଲ୍‌ଟାମିଟର ଗୋଟିଏ କାଚପାତ୍ରରେ ନିଆଯାଇଥିବା କିଛି $CuSO_4$ ଦ୍ରବଣ ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଆଂଶିକ ନିମଜ୍ଜିତ ଦୁଇଟି କପର ବିଦ୍ୟୁତଅଗ୍ରଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । $CuSO_4$ ଜଳରେ ଦ୍ରବ ହେଲେ ତାହାର ଅଣୁ ବିଯୋଜିତ ହୋଇ Cu^{++} ଓ SO_4^{--} ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।



$$CuSO_4 \rightarrow Cu^{++} + SO_4^{--}$$

ଦୁଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ପ୍ରତିଷ୍ଠିତ ହେଲେ Cu^{++} ଆୟନ କେଥୋଡ଼ ଦିଗରେ ଗତି କରେ ଓ ସେଠାରେ ତାହାର ଯୁକ୍ତ ଚାର୍ଜ ତ୍ୟାଗକରି ଧାତବ କପର ରୂପେ କେଥୋଡ଼୍ ଉପରେ ସଞ୍ଚିତ (Deposit) ହୁଏ । ସେହିପରି SO_4^{--} ଆୟନ ଏନୋଡ୍ ଦିଗରେ ଗତିକରେ ଏବଂ ସେଠାରେ ଜଳ ସହିତ ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦନ କରି H_2SO_4 ଓ O^{--} ଆୟନ ଉତ୍ପାଦନ କରେ ।



$$SO_4^{--} + H_2O = H_2SO_4 + O^{--}$$

ଏହି O^{--} ଆୟନ କପର ଏନୋଡ଼୍‌ର Cu^{++} ସହିତ ରାସାୟନିକ ପ୍ରକ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦନ କରି CuO ରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହି CuO ର H_2SO_4 ସହିତ ପ୍ରକ୍ରିୟା ଫଳରେ $CuSO_4$ ଓ H_2O ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ ।



$$Cu^{++} + O^{--} = CuO$$



$$CuO + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2O$$

ଉତ୍ପାଦିତ $CuSO_4$ ଅଣୁ ଜଳରେ ଦ୍ରବ ହୁଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା $CuSO_4$ ଦ୍ରବଣର ଗାଢ଼ତା (Concentration) ବଜାୟ ରହେ । ସୁତରାଂ ଏନୋଡ୍‌ରେ ଯେଉଁ ପରିମାଣ କପର କ୍ଷୟପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ତାହା କେଥୋଡ୍‌ରେ ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ । ତେଣୁ କପର ଭୋଲ୍‌ଟାମିଟରର କେଥୋଡ୍‌ରେ କପର୍‌ର ସଞ୍ଚୟ ହାର (Rate of deposition) ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମାପ କରାଯାଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ଏହି ଉପାୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମାପ କରିବା ସମୟ ସାପେକ୍ଷ । ତେଣୁ ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଏମିଟର୍ ପ୍ରଭୃତି ପ୍ରମାଣୀକରଣ (Standardisation) ଓ କ୍ରମାଙ୍କନ (Calibration) କାର୍ଯ୍ୟ କରାଯାଏ ।

(3) ସିଲଭର ଭୋଲ୍‌ଟାମିଟର (Silver Voltameter) :— ସିଲଭର ଭୋଲ୍‌ଟାମିଟରର ପ୍ଲାଟିନମ୍ କମ୍ବା କାଚର ଗୋଟିଏ ପାତ୍ରରେ କିଛି $AgNO_3$ ଦ୍ରବଣ ଓ Ag ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ନିଆଯାଏ । ଏଠାରେ $AgNO_3$ ବିଯୋଜିତ ହୋଇ Ag^+ ଓ NO_3^- ଆୟନରେ ପରିଣତ ହୁଏ । Ag କେଥୋଡ୍ ଉପରେ ଧାତବ Ag ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ ଏବଂ NO_3^- ଆୟନ ଏନୋଡ୍‌ର Ag^+ ଆୟନ ସହିତ ମିଶି $AgNO_3$ ଅଣୁରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ତେଣୁ ଏଠାରେ $AgNO_3$ ଦ୍ରବଣର ଗାଢ଼ତା ବଜାୟ ରହେ ।

ଅନେକ ସମୟରେ ସିଲଭର୍ ଭୋଲ୍‌ଟାମିଟରରେ ପ୍ଲାଟିନମ୍ କମ୍ବା ସିଲଭର୍‌ର ଗୋଟିଏ ପାତ୍ରକୁ କେଥୋଡ୍‌ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ଏବଂ ସେଥିରେ ନିଆଯାଇଥିବା $AgNO_3$ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ସିଲଭର୍‌ର ଏକ ଏନୋଡ୍ ନିମଜ୍ଜିତ କରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଯାଏ । କେଥୋଡ୍‌ର ପ୍ରତି 50 ବର୍ଗ ସେ: ମି: ପାଇଁ 0·3 ଏମ୍ପିୟର୍ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପଠାଇବା ଉଚିତ ।

17·4 ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ (Faraday's laws of electrolysis) :

ପ୍ରଥମ ନିୟମ :— ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷଣ ସମୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଦ୍ୱାର ଉପରେ ସଞ୍ଚିତ ଆୟନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ସଞ୍ଚରିତ ମୋଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।

ମନେକର m = ସଞ୍ଚିତ ଆୟନର ବସ୍ତୁତ୍ୱ
I = ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ମାତ୍ରା
t = ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କାଳ
Q = ମୋଟ ଚାର୍ଜ

∴ ପ୍ରଥମ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$$m \propto Q \propto It$$

କିମ୍ବା $m = ZIt$ ... ... (17·2)

ଏଠାରେ Z ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଓ ତାହାକୁ **ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରାସାୟନିକ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ** (Electrochemical equivalent) କୁହାଯାଏ । ସୁତରାଂ **ବି: ରା: ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଏକ କୁଲମ୍ ଚାର୍ଜ ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ଏମ୍ପିୟର୍ ପ୍ରବାହ ଏକ ସେକେଣ୍ଡ ପାଇଁ ପ୍ରବାହିତ ହେବା ଫଳରେ ସଞ୍ଚିତ ହେଉଥିବା ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅଟେ ।**

ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ :—ସମପରିମାଣ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ବିଭିନ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହେବା ଫଳରେ ସଞ୍ଚିତ ହେଉଥିବା ବିଭିନ୍ନ ପଦାର୍ଥ (ଆୟନ) ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ସବୁ ସେହି ସମସ୍ତ ପଦାର୍ଥର ରାସାୟନିକ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।

$m \propto C$ .... (17·3)

[ଏଠାରେ $C\left(=\frac{\text{ପରମାଣବିକ ବସ୍ତୁତ୍ୱ}}{\text{ସଯୁଜତା}}\right)$ ପଦାର୍ଥର ରାସାୟନିକ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ]

ଅର୍ଥାତ୍ $\frac{m_1}{C_1}=\frac{m_2}{C_2}=\frac{m_3}{C_3}=$ ... ... (17·3a)

[ଏଠାରେ m_1, m_2, m_3........ବିଭିନ୍ନ ସଞ୍ଚିତ ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଓ C_1, C_2, C_3 ଯଥାକ୍ରମେ ସେହି ପଦାର୍ଥଗୁଡ଼ିକର ରାସାୟନିକ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ]

17·5 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ନିୟମର ସତ୍ୟାପନ :

(a) ପ୍ରଥମ ନିୟମ ସତ୍ୟାପନ କରିବା ପାଇଁ ସିଲ୍ଭର କିମ୍ବା କପର୍ର ଗୋଟିଏ ଭୋଲ୍ଟାମିଟର ମଧ୍ୟରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉପଯୁକ୍ତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପ୍ରଥମେ t_1 ଓ ପରେ t_2 ସମୟ ପାଇଁ ପ୍ରବାହ କରାଯାଏ ଓ ତାହାଦ୍ୱାରା କେଥୋଡ୍‌ରେ ସଞ୍ଚିତ ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଯଦି ଯଥାକ୍ରମେ m_1 ଓ m_2 ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଦେଖାଯାଏ ଯେ

$\frac{m_1}{m_2}=\frac{t_1}{t_2}$, ($I =$ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ) ... ... (17·4)

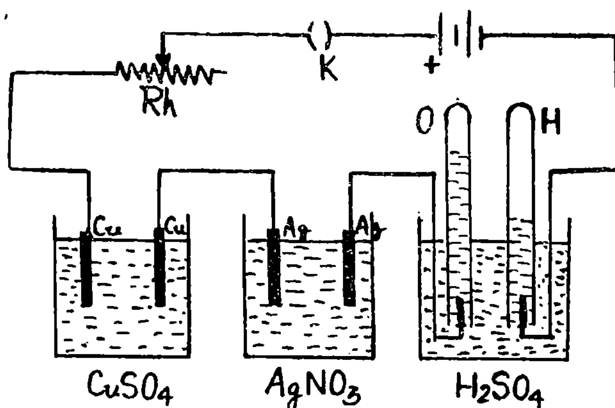
ପୁନଶ୍ଚ କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଥମେ I_1 ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଓ ପରେ I_2 ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପ୍ରବାହ କରାଯାଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା ସଞ୍ଚିତ ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଯଦି ଯଥାକ୍ରମେ m_3 ଓ m_4 ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଦେଖାଯାଏ ଯେ

$$\frac{m_3}{m_4}=\frac{I_1}{I_2}, \; (t = \text{ଧ୍ରୁବାଙ୍କ}) \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (17{\cdot}5)$$

ସମୀକରଣ (17·4) ଓ (17·5) ସାହାଯ୍ୟରେ ଦେଖାଯାଏ ଯେ

$$m \propto It \propto Q$$

(b) ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମର ସତ୍ୟାପନ କରିବା ପାଇଁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ ପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ଭୋଲ୍‌ଟାମିଟର୍, ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ C_u. A_g ଓ ଜଳ ଭୋଲ୍‌ଟାମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହ କରାଯାଏ (ଚିତ୍ର ନଂ 17·3) ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟେକର



(ଚିତ୍ର ନଂ 17·3)

କେଥୋଡ୍‌ରେ ସଞ୍ଚିତ ପଦାର୍ଥ ଯଥା—C_u, A_g ଓ H ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମାପ କରାଯାଏ । H ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ମାପ କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରଥମେ ତାହାର ଆୟତନ ସ୍ୱାଭାବିକ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ (N.T.P.) କେତେ ହେବ ହିସାବ କରାଯାଏ ଏବଂ ଏହି ଆୟତନକୁ ସ୍ୱାଭାବିକ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ ଉଦ୍‌ଜାନର ଘନତ୍ୱ (Density) ସହିତ ଗୁଣନ କରାଯାଏ ।

[ସ୍ୱାଭାବିକ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ ଉଦ୍‌ଜାନର ଘନତ୍ୱ=·00008 ଗ୍ରାମ୍/ଘନ ସେ: ମି:]

ଯଦି C_u, A_g ଓ H ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଯଥାକ୍ରମେ m_{Cu}, m_{Ag} ଓ m_H ହୁଏ ଓ ସେମାନଙ୍କର ରାସାୟନିକ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ଯଥାକ୍ରମେ C_{Cu}, C_{Ag} ଓ C_H ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ଦେଖାଯାଏ ଯେ

$$\frac{m_{Cu}}{C_{Cu}}=\frac{m_{Ag}}{C_{Ag}}=\frac{m_H}{C_H}$$

ଅର୍ଥାତ୍ $\frac{m_{Cu}}{31{\cdot}77}=\frac{m_{Ag}}{107{\cdot}87}=\frac{m_H}{1}$

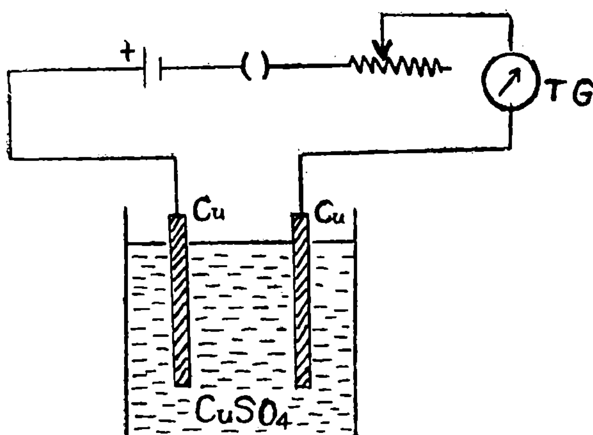
[$\because$ $C_{Cu}=31{\cdot}77$, $C_{Ag}=107{\cdot}87$ ଏବଂ $C_H=1$]

17·6 ଭୋଲଟାମିଟରର ପ୍ରୟୋଗ :

(1) ବିଦ୍ୟୁତ ରାସାୟନିକ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :—(a) ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ପ୍ରଥମ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ,

$$m=ZIt$$

କିମ୍ବା $Z=\frac{m}{It}$



(ଚିତ୍ର ନଂ 17·4)

କପରର ବି: ରା: ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ଗୋଟିଏ କପର ଭୋଲ୍ଟା-ମିଟରକୁ (ଚିତ୍ର ନଂ 17·4) ଏକ ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟଦେଇ ବ୍ୟାଟେ-

ବିଦ୍ୟୁତ୍ କୋଷ ବା ବ୍ୟାଟେରୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ । ପ୍ରତି 100 ବର୍ଗ ସେ: ମି: କେଥୋଡ୍ ପୃଷ୍ଠତଳ (Surface) ପାଇଁ ପ୍ରାୟ 2 ଏମ୍ପିୟର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଇ ଭୋଲ୍‌ଟାମିଟର୍‌ର କେଥୋଡ୍‌ରେ ସଞ୍ଚିତ ଧାତବ କପର୍‌ର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ପ୍ରବାହ ଫଳରେ ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ ଯଦି θ ହୁଏ ତାହା ହେଲେ

$$\text{ପ୍ରବାହମାତ୍ରା } I = K \tan\theta = \frac{10Hr}{2\pi n} \times \tan\theta$$

$$\therefore \text{ ବି. ରା. ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ } Z = \frac{m}{\frac{10Hr}{2\pi n} \times t \times \tan\theta} \text{ ଗ୍ରାମ୍/କୁଲମ୍}$$

(b) ଯଦି କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ରାସାୟନିକ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ଜଣାଥାଏ, ତାହାହେଲେ ତାହାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ର ସାୟନିକ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ Z ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଅନ୍ୟ ଏକ ମାନକ ପଦାର୍ଥ (A_g) ର ବି. ରା. ତୁ. Z_{A_g} ର ମାନ ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ପ୍ରଥମ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$$m = ZIt$$

$$m_{A_g} = Z_{A_g} It$$

$$\therefore \frac{m}{m_{A_g}} = \frac{Z}{Z_{A_g}} \qquad \dots \qquad \dots \qquad \text{(i)}$$

କିନ୍ତୁ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ,

$$\frac{m}{m_{A_g}} = \frac{C}{C_{A_g}}$$

$$\therefore \frac{Z}{Z_{A_g}} = \frac{C}{C_{A_g}} \qquad \dots \qquad \dots \qquad \text{(ii)}$$

$$\text{କିମ୍ବା } Z = \frac{Z_{A_g}}{C_{A_g}} \times C \qquad \dots \qquad \dots \qquad (17\cdot7)$$

$Z_{A_g} = 1\cdot118 \times 10^{-6}$ କିଲୋଗ୍ରାମ୍/କୁଲମ୍

$C_{A_g} = 107\cdot87$

$$\therefore Z = \frac{1{\cdot}118 \times 10^{-6}}{107{\cdot}87} \times C = \frac{C}{9{\cdot}649 \times 10^{7}}$$ କିଲୋଗ୍ରାମ୍/କୁଲମ୍

ଉଦାହରଣ (1) :—କପର୍‌ର ରାସାୟନିକ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ 31·77 । ଏହାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରାସାୟନିକ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$$Z = \frac{C}{9{\cdot}649 \times 10^{7}} = \frac{31{\cdot}77}{9{\cdot}649 \times 10^{7}}$$

$= 3{\cdot}293 \times 10^{-7}$ କିଲୋଗ୍ରାମ/କୁଲମ

$= {\cdot}0003293$ ଗ୍ରାମ/କୁଲମ

ଉଦାହରଣ (2) :—30 ମିନିଟରେ 27°C ତାପମାତ୍ରା ଓ 74 ସେ. ମି. (ପାରଦ) ଚାପରେ 50 ଘନ ସେ. ମି. ଉଦଜାନ ନିର୍ଗତ ହେବାପାଇଁ କେତେ ପ୍ରବାହ-ମାତ୍ରା ଆବଶ୍ୟକ ହେବ ? [ସ୍ୱାଭାବିକ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ ଉଦଜାନର ସାନ୍ଦ୍ରତା $= {\cdot}00009$ ଗ୍ରାମ/ଘନ ସେ. ମି.]

$$27°C = 300°A$$

ସ୍ୱାଭାବିକ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ ଉଦଜାନର ଆୟତନ

$$= \frac{740 \times 50 \times 273}{760 \times 300}$$ ଘନ ସେ.ମି.

$$\therefore \text{ବସ୍ତୁତ୍ୱ } m = \frac{740 \times 50 \times 273}{760 \times 300} \times {\cdot}00009 \text{ ଗ୍ରାମ}$$

$= 0{\cdot}00398$ ଗ୍ରାମ

ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$$m = ZIt$$

$$\therefore I = \frac{m}{Zt} = \frac{0{\cdot}00398}{103{\cdot}8 \times 10^{-7} \times 30 \times 60}$$

$$= \frac{0{\cdot}00398}{1868{\cdot}4 \times 10^{-5}} = \frac{398}{1868{\cdot}4} = {\cdot}213$$ ଏମ୍ପିୟର

[$\because$ ଉଦଜାନର ବି. ର. ତୁ. $Z = 103{\cdot}8 \times 10^{-7}$ ଗ୍ରାମ/କୁଲମ]

2. ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍ ଗାଲଭାନୋମିଟର୍‌ର ଲଘୁକାରକ
(Reduction factor of tangent Galvanometer) :

ଉପରୋକ୍ତ ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଲଘୁକାରକ K ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

$$I=\frac{m}{Zt}=\text{K} \tan\theta, \quad \left[K=\frac{10Hr}{2\pi n}\right]$$

$$\therefore \quad \text{K}=\frac{m}{Zt\times\tan\theta} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (17\cdot8)$$

ଏଠାରେ, Z = ତମ୍ବାର ବି'ରାଃତୁ:
m = ସଞ୍ଚିତ ତମ୍ବାର ବସ୍ତୁତ୍ୱ
t = ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ସମୟ
θ = ଟାନ୍‌ଜେଣ୍ଟ୍ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ

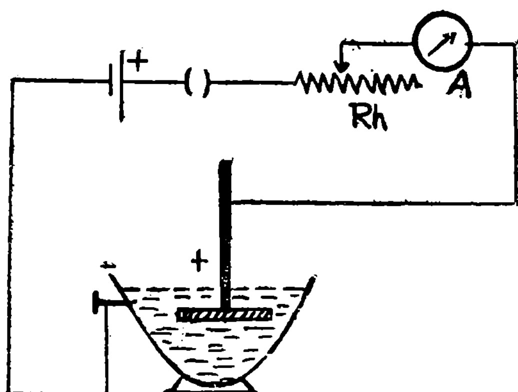
ସୁତରାଂ Z, m, t ଓ θ ଜାଣି Kର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

3. ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ ଓ ଏମିଟର୍ କ୍ରମାଙ୍କନ :

ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ପ୍ରଥମ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$$I=\frac{m}{Zt}$$

ତେଣୁ କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ରାସାୟନିକ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ଜଣାଥିଲେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ଦ୍ୱାରା t ସମୟରେ ସଞ୍ଚିତ ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ m ଜାଣି ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 17·6)

ଏହି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ସାଧାରଣତଃ ଶୋଟିଏ ସିଲ୍‌ଭର ଭୋଲ୍‌ଟାମିଟର (Rayleigh type) ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଏହି ଭୋଲ୍‌ଟାମିଟର (ଚିତ୍ର ନଂ 17·5)

ପ୍ଲାଟିନମ୍‌ର ଗୋଟିଏ ପାତ୍ରରେ ନିଆଯାଇଥିବା କିଛି $AgNO_3$ ଦ୍ରବଣ (100 ଘନ ସେ·ମି.ରେ 15 ଗ୍ରାମ ବିଶୁଦ୍ଧ Ag) ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ନିମଜ୍ଜିତ ଗୋଟିଏ ସିଲ୍‌ଭର ଫଳକ ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଏଠାରେ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ପାତ୍ରଟି କ୍ୟାଥୋଡ୍ ଓ Ag ଫଳକଟି ଏନୋଡ୍‌ର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ସମୟରେ ସିଲ୍‌ଭର୍‌ର ଖାଦ (Impurity) ଅଂଶ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ପାତ୍ରକୁ ଯେପରି ନ ଆସେ ସେଥିପାଇଁ ଏନୋଡ୍‌କୁ ଗୋଟିଏ ପରିସ୍ରବଣ କାଗଜ (Filter paper) ଦ୍ୱାରା ଆବୃତ କରାଯାଇଥାଏ । ପ୍ରଥମେ ପ୍ଲାଟିନମ ପାତ୍ରକୁ ପରିଷ୍କାର କରି ତାହାର ଓଜନ ନିଆଯାଏ । ଏହାପରେ ଭୋଲ୍‌ଟାମିଟର ମଧ୍ୟରେ t ସେକେଣ୍ଡ ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଇ ପୁଣି ପ୍ଲାଟିନମ୍ ପାତ୍ରର ଓଜନ ନିଆଯାଏ । ଏଠାରେ ପାତ୍ରର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବୃଦ୍ଧି ପରିମାଣ ସେଥିରେ ସଞ୍ଚିତ ଧାତବ Agର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ଅଟେ ।

$$I=\frac{m}{Zt}=\frac{m}{107{\cdot}87\times t}\cdots \qquad \cdots(17{\cdot}9)$$

ସୁତରାଂ ଉପରୋକ୍ତ ସୂତ୍ରରେ m ଓ tର ମାନ ବସାଇ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ ଏମ୍ପିୟର୍ :- ସିଲ୍‌ଭର ଭୋଲ୍‌ଟାମିଟର୍‌ରେ ସଞ୍ଚିତ ସିଲଭର୍‌ରେ ପରିମାଣ ଅନୁଯାୟୀ ଲର୍ଡ ରାଲେଙ୍କ (Lord Rayleigh) ସଭାପତିତ୍ୱରେ ପ୍ରତିଷ୍ଠିତ ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ ସମିତିଦ୍ୱାରା 1903 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ଏକକର (ଏମ୍ପିୟର) ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରାଯାଇଛି । ଏହି ସମିତିର ନିଷ୍ପତ୍ତି ଅନୁଯାୟୀ—**ଯେଉଁ ପ୍ରବାହ (ସ୍ଥିର) ଗୋଟିଏ ସିଲ୍‌ଭର ଭୋଲ୍‌ଟମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ 0·001118 ଗ୍ରାମ୍ ସିଲଭର୍ ସଞ୍ଚୟ କରେ ତାହାକୁ "ଏକ ଆନ୍ତର୍ଜାତିକ ଏମ୍ପିୟର୍" କୁହାଯାଏ ।**

ଏମିଟର୍ କ୍ରମାଙ୍କନ :—ଉପରୋକ୍ତ ପରୀକ୍ଷାରେ ବ୍ୟବହୃତ ପରିପଥରେ ଏକ ଏମିଟର ସଂଯୋଗ କରି ଏହି ଏମିଟର୍‌ର କ୍ରମାଙ୍କନ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ପରିପଥରେ ରିଓଷ୍ଟାଟ୍‌ର ମାନ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରି ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପଠାଯାଏ ଓ ପ୍ରତ୍ୟେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଞ୍ଚିତ Agର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ଓ ପ୍ରବାହକାଳ ଜାଣି ପରିଅର ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ସଠିକ ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଏହି ସବୁ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ ଏମିଟରେ ଦର୍ଶାଉଥିବା ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସହିତ ତୁଳନା କରାଯାଏ ଓ ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଏମିଟର୍‌ର ଭୁଲ (Error) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ବିଭିନ୍ନ ସଠିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପାଇଁ ଏମିଟର ଯେଉଁ ପରିମାଣ ଭୁଲ ଦର୍ଶାଏ ତାହା ସିଧାସଳଖ ଜାଣିବା ପାଇଁ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ ଭୁଜ

(Abscissa) ଓ ଭୂଲକୁ କୋଟି (Ordinate) ନେଇ ଏକ କ୍ରମାଙ୍କନ ଗ୍ରାଫ୍ (Calibration graph) ଅଙ୍କନ କରାଯାଏ ।

17·7 ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତିର ପରମାଣବୀୟତା (Atomicity of Electricity) :

ଯେ କୌଣସି ପଦାର୍ଥ (ମୌଳିକ) କେତେଗୁଡ଼ିଏ ପରମାଣୁ ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ହୋଇଥାଏ ଓ ଏହି ପରମାଣୁ ସାଧାରଣତଃ ପଦାର୍ଥର ସର୍ବନିମ୍ନ ଅଂଶ ବିବେଚନା କରାଯାଏ । ସେହିପରି ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ନିୟମ ସାହାଯ୍ୟରେ ଦର୍ଶାଇ ଦିଆଯାଇପାରେ ଯେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତିର ମଧ୍ୟ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସର୍ବନିମ୍ନ ମାନ ଅଛି ଓ ତାହାଠାରୁ ନ୍ୟୂନମାନର ଶକ୍ତି ଥିବାର କୌଣସି ପ୍ରମାଣ ନାହିଁ; ତେଣୁ ଏହି ସର୍ବନିମ୍ନ ଶକ୍ତିକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତିର ପରମାଣୁ କୁହାଯାଇପାରେ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତିର ଏହି ପରମାଣବିକ ଧର୍ମକୁ **ଶକ୍ତିର ପରମାଣବୀୟତା** କୁହାଯାଏ ।

ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଶକ୍ତି ଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ଫଳରେ ସଞ୍ଚିତ ହେଉଥିବା ପଦାର୍ଥର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ପଦାର୍ଥର ରାସାୟନିକ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଶକ୍ତି ସର୍ବଦା ଏକ ଗ୍ରାମ୍ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ (Gram-equivalent) ପଦାର୍ଥ ସଞ୍ଚୟ କରେ । ଏକ ଏକଯୋଜୀ (Monovalent) ମୌଳିକ ପଦାର୍ଥରେ ଯେଉଁ ଶକ୍ତି ଏକ ଗ୍ରାମ୍-ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ପଦାର୍ଥ ସଞ୍ଚୟ କରେ ଏକ ଦ୍ୱିଯୋଜୀ ପଦାର୍ଥରେ ଏକ ଗ୍ରାମ-ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ପଦାର୍ଥ ସଞ୍ଚୟ ପାଇଁ ତାହାର ଦୁଇଗୁଣ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ଓ ଏକ ତ୍ରିଯୋଜୀ ପଦାର୍ଥରେ ତାହାର ତିନିଗୁଣ ଶକ୍ତି ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ଏହା ସମସ୍ତ ପଦାର୍ଥ ପାଇଁ ପ୍ରଯୋଜ୍ୟ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ଦ୍ରବଣର ଗାଢ଼ତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ।

ସିଲ୍‌ଭର୍‌ର ବି: ରା: ତୁ: = ·001118 ଗ୍ରାମ୍/କୁଲମ୍ ସିଲ୍‌ଭର ଏକଯୋଜୀ ଓ ତାହାର ପରମାଣବିକ ଓଜନ = 107·87 ।

$$\therefore \text{ ସିଲ୍‌ଭର୍‌ର ଗ୍ରାମ୍-ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ} = \frac{107 \cdot 87}{1} = 107 \cdot 87 \text{ ଗ୍ରାମ୍}$$

ସୁତରାଂ ଏକ ଗ୍ରାମ୍-ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ସିଲ୍‌ଭର ସଞ୍ଚିତ ହେବାପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ଶକ୍ତି

$$= \frac{107 \cdot 87}{\cdot 001118} = 96500 \text{ କୁଲମ୍}$$

ଏହି ଚାର୍ଜକୁ ଏକ **ଫାରାଡ଼େ** (Faraday) କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଏହି ଚାର୍ଜଦ୍ୱାରା ଯେ କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ଏକ ଗ୍ରାମ୍ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ । ଏକଯୋଜୀ ପଦାର୍ଥର ପରମାଣବିକ ଓଜନ ତାହାର ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ଓଜନ (Equivalent Weight) ସହିତ ସମାନ (ସାଂଖ୍ୟିକ); ତେଣୁ ଏକ 'ଫାରାଡ଼େ' ଏକଯୋଜୀ ପଦାର୍ଥର ଏକ **ଗ୍ରାମ୍-ପରମାଣୁ** (Gram atom) ପଦାର୍ଥ ସଞ୍ଚୟ କରିବ ।

ଏଭୋଗାଡ୍ରୋଙ୍କ ପରିକଳ୍ପ (Avogadro's hypothesis) ଅନୁଯାୟୀ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଏକଯୋଜୀ ପଦାର୍ଥର ଏକ ଗ୍ରାମ୍ ପରମାଣୁ ମଧ୍ୟରେ ସମାନ ସଂଖ୍ୟକ ପରମାଣୁ ଥାଏ ଓ ଏହି ସଂଖ୍ୟାକୁ **ଏଭୋଗାଡ୍ରୋଙ୍କ ସଂଖ୍ୟା** (Avogadro's number) N କୁହାଯାଏ ।

$$N = 6{\cdot}06 \times 10^{23}$$

ଯଦି ପ୍ରତ୍ୟେକ ଆୟନୀକୃତ ପରମାଣୁର ଚାର୍ଜ e ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ଏକ ଗ୍ରାମ୍ ପରମାଣୁର ଚାର୍ଜ $= Ne$

$$\therefore\ Ne = 96500 \text{ କୁଲମ୍}$$

କିମ୍ବା, $$e = \frac{96500}{N} = \frac{96500}{6{\cdot}06 \times 10^{23}} \text{ କୁଲମ୍}$$

$$= 1{\cdot}59 \times 10^{-19} \text{ କୁଲମ୍}$$

$$= 4{\cdot}8 \times 10^{-10} \text{ ସ୍ଥିର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଏକକ}$$

ପ୍ରତ୍ୟେକ ଦ୍ୱିଯୋଜୀ ପଦାର୍ଥର ପରମାଣବିକ ଓଜନ ତାହାର ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ଓଜନର ଦୁଇଗୁଣ ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ ଗ୍ରାମ୍ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ପଦାର୍ଥ ମଧ୍ୟରେ ଅର୍ଦ୍ଧେକ ସଂଖ୍ୟକ ପରମାଣୁ ଥାଏ। ସୁତରାଂ ଦ୍ୱିଯୋଜୀ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରତି ଆୟନର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ ଦ୍ୱିଗୁଣ ହେବ । ସେହିପରି ତ୍ରିଯୋଜୀ ପଦାର୍ଥର ପ୍ରତି ଆୟନର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ 3ଗୁଣ ହେବ ।

ଉପରୋକ୍ତ ବିଷୟରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ ଚାର୍ଜର ସର୍ବନିମ୍ନ ଏକକ $= 1{\cdot}59 \times 10^{-19}$ କୁଲମ୍ ଏବଂ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଚାର୍ଜ ତାହାର ସରଳ ଗୁଣିତକ । ସୁତରାଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜର ପାରମାଣବିକ ଧର୍ମ ଅଛି ।

ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଯାଇଛି ଯେ ଗୋଟିଏ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନ ର ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ $= 1{\cdot}59 \times 10^{-19}$ କୁଲମ୍ । ସୁତରାଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରନୀୟ ଚାର୍ଜ ବା ତାହାର ସରଳ ଗୁଣିତକ ହୋଇପାରେ ।

ଉଦାହରଣ (1) ସିଲଭର୍‌ର ସାନ୍ଦ୍ରତା = 10·5 ଗ୍ରାମ୍/ଘନ ସେ.ମି. ଓ ବି: ରା: ତୁ: = ·001118 ଗ୍ରାମ/କୁଲମ୍ । ଯଦି ଇଲେକ୍‌ଟ୍ରନର ଚାର୍ଜ $1{\cdot}6\times10^{-19}$ କୁଲମ୍ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଏକ ଘନସେ.ମି. ସିଲଭର ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ସିଲ୍‌ଭର୍‌ର ବି: ରା: ତୁ: = ·001118 ଗ୍ରାମ୍/କୁଲମ୍ ଅର୍ଥାତ୍ ଏକ କୁଲମ୍ ଚାର୍ଜଦ୍ୱାରା ସଞ୍ଚିତ ସିଲ୍‌ଭର = ·001118 ଗ୍ରାମ୍

∴ $1{\cdot}6\times10^{-19}$ କୁଲମ୍ ଚାର୍ଜ ଦ୍ୱାରା ସଞ୍ଚିତ ସିଲ୍‌ଭର

$$= {\cdot}001118\times1{\cdot}6\times10^{-19} \text{ ଗ୍ରାମ୍}$$

ସୁତରାଂ ଗୋଟିଏ ପରମାଣୁ ଦ୍ୱାରା ସଞ୍ଚିତ ସିଲ୍‌ଭର

$$= {\cdot}001118\times1{\cdot}6\times10^{-19} \text{ ଗ୍ରାମ୍}$$

∴ 10·5 ଗ୍ରାମ୍ ସିଲ୍‌ଭର ସଞ୍ଚିତ ହେବାପାଇଁ ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା

$$= \frac{10{\cdot}5}{{\cdot}001118\times1{\cdot}6\times10^{-19}}$$

$$= \frac{10{\cdot}5}{1{\cdot}118\times1{\cdot}6\times10^{-22}} = 5{\cdot}86\times10^{22}$$

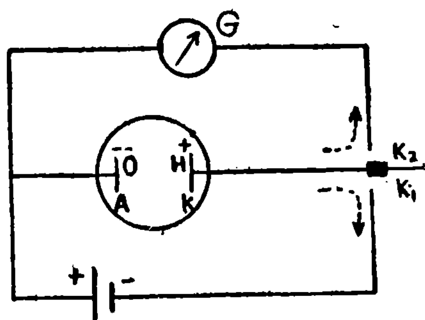
ସୁତରାଂ ଏକ ଘନ ସେ.ମି. ମଧ୍ୟରେ ସିଲ୍‌ଭର୍‌ର ପରମାଣୁ ସଂଖ୍ୟା

$$= 5{\cdot}86\times10^{22}$$

17·8 ପଶ୍ଚାତ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାଳକ ବଳ (Back e. m. f.) :

କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଉଦ୍ଭବ ଯୁକ୍ତ ଓ ବିଯୁକ୍ତ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଯଥାକ୍ରମେ କ୍ୟାଥୋଡ୍ ଓ ଏନୋଡ୍ ଦିଗରେ ଧାବମାନ ହୁଅନ୍ତି । ଏହି ଆୟନଗୁଡ଼ିକର ସମ୍ଭବ ଶକ୍ତି (Potential energy) ଥିବାରୁ ସେମାନେ ପୁନର୍ବାର ମିଳିତ ହେବା ପାଇଁ ପ୍ରବୃତ୍ତ ହୁଅନ୍ତି ଓ ଏହା ଫଳରେ ଏକ ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ବି: ଚା: ବ: ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ । ଏହି ବି: ଚା: ବ:

ମୂଳ ବି: ସ୍ମୁ: ବ: ର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ତେଣୁ ଏହାକୁ ପଶ୍ଚାତ୍ ବି: ସ୍ମୁ: ବ: କୁହାଯାଏ । ନିମ୍ନଲିଖିତ ପରୀକ୍ଷା ମାଧ୍ୟମରେ ଏହି ପଶ୍ଚାତ୍ ବି: ସ୍ମୁ: ବ:ର ଅସ୍ତିତ୍ୱ ଦର୍ଶାଯାଇପାରେ । ମନେକର ଗୋଟିଏ ପାତ୍ରରେ ନିଆଯାଇଥିବା H_2SO_4 ମିଶ୍ରିତ ଜଳରେ ଦୁଇଟି ପ୍ଲାଟିନମ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର (ଚିତ୍ର ନଂ 17·6) ନିମଜ୍ଜିତ । ପ୍ରଥମେ ଚାବି K_1କୁ ଟିପି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ କିଛି ସମୟ ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ କରାଯାଏ ଏହାପରେ K_1 ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରି K_2 ସଂଯୋଗ କଲେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 17·6)

ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର୍‌ରେ ଏକ ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ ଓ ଏହି ବିକ୍ଷେପ କିଛି ସମୟ ମଧ୍ୟରେ ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଯାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେବାବେଳେ ଏନୋଡ୍‌ରେ O^{--} ଆୟନ ଓ କେଥୋଡ୍‌ରେ H^+ ଆୟନ ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ । ଏହି ବିପରୀତ ଚାର୍ଜ ଆୟନର ସ୍ତରଦ୍ୱାରା ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ବି: ସ୍ମୁ: ବ: ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ । ମୂଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ବନ୍ଦ ହେବା ପରେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ (K_2 ସଂଯୋଗ ଦ୍ୱାରା) ବିନ୍ଦୁରେଖା ଦ୍ୱାରା ଚିହ୍ନିତ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଏହି ପ୍ରବାହ O^{--} ଓ H^+ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ସେମାନଙ୍କର ଚାର୍ଜ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ତ୍ୟାଗ କରିପାରିବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଚାଲୁରହେ ଓ ତାହାପରେ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ ।

ପଶ୍ଚାତ୍ ବି: ସ୍ମୁ: ବ:ର ମାନ ନିମ୍ନଲିଖିତ ରୀତିରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ଅମ୍ଳଜାନ ଓ ଉଦ୍‌ଜାନର ସଂଯୋଗ ଫଳରେ 1 ଗ୍ରାମ୍ ଜଳ ରଚିତ ହେବାବେଳେ 3800 କ୍ୟାଲୋରି ତାପ ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ । ତେଣୁ 1 ଗ୍ରାମ୍ ଜଳ ବିଯୋଜିତ ହୋଇ ଅମ୍ଳଜାନ ଓ ଉଦଜାନରେ ପରିଣତ ହେବା ପାଇଁ 3800 କ୍ୟାଲୋରି ଆବଶ୍ୟକ ଓ ତାହା ବ୍ୟାଟେରି ଯୋଗାଇଦିଏ ।

3800 କ୍ୟାଲୋରି $= 3800 \times 4{\cdot}2$ ଜୁଲଶକ୍ତି

ଉଦ୍‌ଜାନର (H_1) ବିଦ୍ୟୁତ ରାସାୟନିକ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ
$= 0{\cdot}0000104\,5$ ଗ୍ରାମ୍/କୁଲମ୍

ଅମ୍ଳଜାନର (O) ବି: ରା: ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ $= 0{\cdot}00008293$ ଗ୍ରାମ୍/କୁଲମ୍

ସୁତରାଂ ଏକ କୁଲମ୍ ଚାର୍ଜଦ୍ୱାରା
$0{\cdot}00009338$ ଗ୍ରାମ୍ $= 9338 \times 10^{-8}$ ଗ୍ରାମ୍ ଜଳ ବିଯୋଜିତ ହେବ ।

∴ ଏକ ଗ୍ରାମ୍ ଜଳ ବିଯୋଜିତ ହେବାପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ସ୍ରୁଜ = $\frac{10^8}{9338}$ କୁଲମ୍

ଏକଗ୍ରାମ୍ ଜଳ ବିଯୋଜିତ ହେବାପାଇଁ ଯଦି ବିଭବାନ୍ତର V ଓ ସ୍ରୁଜ Q ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ସେଥିପାଇଁ ବ୍ୟୟ ହେଉଥିବା ଶକ୍ତି $E = QV$

ଏଠାରେ $E = 3800 \times 4{\cdot}2$ ଜୁଲ

$$Q = \frac{10^8}{9338} \text{ କୁଲମ୍}$$

$$\therefore \frac{10^8}{9338} \times V = 3800 \times 4{\cdot}2$$

$$\text{କିମ୍ବା } V = \frac{9338 \times 3800 \times 4{\cdot}2}{10^8} = 1{\cdot}46 \text{ ଭୋଲ୍ଟ}$$

ତେଣୁ ଜଳର ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷଣ ପାଇଁ ସର୍ବନିମ୍ନ 1·46 ଭୋଲ୍ଟ ଆବଶ୍ୟକ ଅର୍ଥାତ୍ ପଶ୍ଚାତ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାଳକ ବଳ = 1·46 ଭୋଲ୍ଟ । ଏହି କାରଣ ପାଇଁ ଏକମାତ୍ର ଲେକ୍ଲାଂଶେଙ୍କ କୋଷଦ୍ୱାରା ଜଳର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ସମ୍ଭବ ହୁଏନାହିଁ । ବାସ୍ତବକ୍ଷେତ୍ରରେ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ କାରଣ ପାଇଁ ଜଳର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ପାଇଁ 1·7 ଭୋଲ୍ଟ ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ।

ଯଦି ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି: ଚା: ବ: E ଓ ପଶ୍ଚାତ ବି: ଚା: ବ: E_1 ହୁଏ ତାହାହେଲେ କୋଷର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

$$I = \frac{E - E_1}{R} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (17{\cdot}10)$$

ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି. ଚା. ବ. ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଚା. ବ. ସହିତ ସମାନ ନ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ କୋଷର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା କାର୍ଯ୍ୟତଃ ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଥାଏ ଓ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଓମ୍ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସୃତ ହୁଏନାହିଁ କିନ୍ତୁ ଯଦି $E > E_1$ ହୁଏ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ଓମ୍ଙ୍କ ନିୟମ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଅନୁସୃତ ହୁଏ ।

17·9 ବିଯୋଜନ ମାତ୍ରା (Degree of Dissociation) :

ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷଣୀୟ ବିଯୋଜନ ଦ୍ରାବକର (Solute) ଧର୍ମ ଓ ଦ୍ରାବଣର ଗାଢ଼ତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଦ୍ରବଣ ଅଧିକ ପତଳା (Dilute) ହେଲେ, ଦ୍ରବର

ଅଧିକ ଅଂଶ ବିଯୋଜିତ ହୁଏ । ବସ୍ତୁତ୍ୱ କ୍ରିୟା ନିୟମ (Law of mass action) ସାହାଯ୍ୟରେ ଦେଖାଯାଏ ଯେ ଯଦି ବିଯୋଜିତ ହେଉଥିବା ଦ୍ରବର ଅଂଶ α ହୁଏ, ତାହାହେଲେ—

$$\frac{\alpha}{1-\alpha}=\frac{A}{C} \qquad \ldots \qquad (17{\cdot}11)$$

ଏଠାରେ C ଦ୍ରବଣର ଗାଢ଼ତା ଓ A ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ।

$NaCl$, A_gNO_3 ପ୍ରଭୃତି ପ୍ରବଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ (Strong Electrolytes) ଜଳରେ ଦ୍ରବ ହେଲେ ସାଧାରଣ ଗାଢ଼ତାରେ ସେମାନେ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବିଯୋଜିତ ହୁଅନ୍ତି; କିନ୍ତୁ ଦୁର୍ବଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ (Weak Electrolytes) ଜଳରେ ଦ୍ରବ ହେଲେ ସାଧାରଣ ଗାଢ଼ତାରେ ସେମାନଙ୍କର ବିଯୋଜନ ଖୁବ୍ କମ ହୁଏ ।

ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ନିମଜ୍ଜିତ ଏନୋଡ୍ ଓ କେଥୋଡ୍ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ଥିଲେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ କେଥୋଡ଼ ଦିଗରେ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଏନୋଡ୍ ଦିଗରେ ଗତି କରନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନର ଗତିବେଗ ସମାନ ନୁହେଁ । ଏହି ଦୁଇ ବିପରୀତ ଆୟନ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଗତି କରୁଥିଲେ ମଧ୍ୟ ସେମାନଙ୍କର ଗତି ଦ୍ୱାରା ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ, ତାହାର ଦିଗ ସର୍ବଦା ସମାନ ହୁଏ; କିନ୍ତୁ ପରିଣାମୀ (Resulting) ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପାଇଁ ଏହି ଦୁଇ ପ୍ରକାର ଆୟନର ଅଂଶଦାନ (Contribution) ସମାନ ନୁହେଁ ।

17·10 ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ପରିବାହିତା (Equivalent Conductivity) :

ଦ୍ରବଣର ଗାଢ଼ତା, ଗ୍ରାମ୍ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ଦ୍ରବ/ଘନ ସେ ମି. ଦ୍ରବଣ ଏକକରେ ପ୍ରକାଶିତ ହେଲେ **ଦ୍ରବଣର ପରିବାହିତା ଓ ଗାଢ଼ତାର ଅନୁପାତକୁ ତାହାର ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ପରିବାହିତା କୁହାଯାଏ ।**

ଯଦି ଦ୍ରବଣର ବିଶିଷ୍ଟ ରୋଧ (Sp. Resistance) ρ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ ବିଶିଷ୍ଟ ପରିବାହିତା $K=\frac{1}{\rho}$ ହୁଏ ଏବଂ ଦ୍ରବଣର ଏକ ଘନ ସେ. ମି. ଆୟତନ ମଧ୍ୟରେ ଯଦି C ଗ୍ରାମ୍ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ଦ୍ରବ ଥାଏ ତାହାହେଲେ

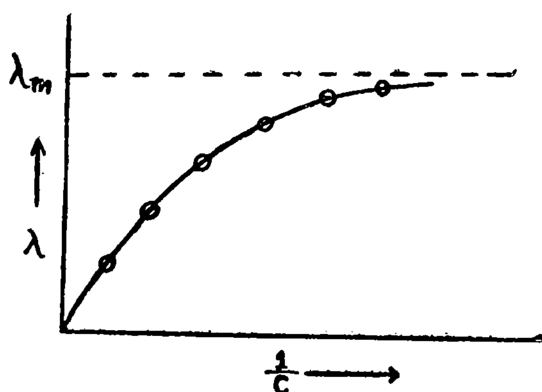
$$\text{ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ପରିବାହିତା } \lambda=\frac{\text{ବିଶିଷ୍ଟ ପରିବାହିତା}}{\text{ଗାଢ଼ତା}}$$

$$= \frac{K}{C} = \frac{1}{\rho C} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots (17{\cdot}12)$$

କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରାରେ ଦ୍ରବଣର ପରିବାହିତା ତାହାର ଗାଢ଼ତା ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ତେଣୁ ସମାନ ତାପମାତ୍ରାରେ ବିଭିନ୍ନ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ଦ୍ରବଣର ପରିବାହିତା ସେମାନଙ୍କର କେବଳ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ଗାଢ଼ତାରେ ତୁଳନା କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । "ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ପରିବାହିତା" ଏହି ଶବ୍ଦାଧାରରୁ ଉଦ୍ଭୂତ ହୋଇଛି । ସମୀକରଣ (17·12) ଅନୁଯାୟୀ ଏକ ଗ୍ରାମ୍ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ଦ୍ରବ ଥିବା ଘନ ସେ. ମି. ଏକକରେ ଦ୍ରବଣର ଘନଫଳ ଓ ତାହାର ବିଶିଷ୍ଟ ପରିବାହିତାର ଗୁଣଫଳକୁ "ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ପରିବାହିତା" (ବିକଳ୍ପ ସଂଜ୍ଞା) ବୁଝାଯାଇପାରେ ।

ଦ୍ରବଣ ଅଧିକ ପତଳା (Dilute) ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବିଶିଷ୍ଟ ପରିବାହିତା ହ୍ରାସ ପାଏ; କିନ୍ତୁ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ପରିବାହିତା ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ଓ ସର୍ବଶେଷରେ ଏକ ସର୍ବାଧିକ ମାନରେ (λ_m) ପହଞ୍ଚେ । ଏହି λ_m ଦ୍ରବଣର ଅସୀମ ପତଳା ଅବସ୍ଥାରେ ତାହାର ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ପରିବାହିତା ଅଟେ ।

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର ଦ୍ରବକୁ କ୍ରମେ ପତଳା କଲେ ତାହା ଅସୀମ ପତଳା ଅବସ୍ଥାରେ ପହଞ୍ଚିବା ପୂର୍ବରୁ ତାହାର ପରିବାହିତା ଖୁବ୍ ହ୍ରାସ ପାଏ ଓ ତେଣୁ λ_m ମାପ କରିବା ସମ୍ଭବ ହୁଏ ନାହିଁ । ଏହି କାରଣରୁ λ_m ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ଦ୍ରବଣକୁ କ୍ରମେ ପତଳା କରାଯାଏ ଓ ତାହାର ବିଭିନ୍ନ $\frac{1}{C}$ ମାନ



(ଚିତ୍ର ନଂ 17·7)

ପାଇଁ λ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି $\frac{1}{C}$ ଓ λ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଗ୍ରାଫ (ଚିତ୍ର ନଂ 17·7) ଅଙ୍କନ କରାଯାଏ ଓ ଏହି ଗ୍ରାଫ୍‌ର ବହିର୍ବେଶନ (Extrapolation) ସାହାଯ୍ୟରେ λ_m ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

17.1। ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର ବିଶିଷ୍ଟ ପରିବାହିତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ (Determination of specific conductivity of electrolyte) :

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର ବିଶିଷ୍ଟ ପରିବାହିତା K ତାହାର ବିଶିଷ୍ଟ ରୋଧ ρ ର ବ୍ୟୁତ୍କ୍ରମ ଅର୍ଥାତ୍ $K=\frac{1}{\rho}$ ଓମ$^{-1}$ ସେ. ମି.$^{-1}$ । ତେଣୁ ρ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ K ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ସରଳ ବିଦ୍ୟୁତ-ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାହା ମଧ୍ୟରେ "ପାଶ୍ୱୀକରଣ" ହୁଏ ଓ ତାହା ଓମଙ୍କ ସୂତ୍ର ଅନୁସରଣ କରେ ନାହିଁ । କେବଳ ଯେତେବେଳେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି. ଚ୍. ବ E ପାଶ୍ୱୀକରଣ ବି. ଚ୍. ବ. E' (ପଶ୍ଚାତ୍ ବି.ଚ୍.ବ) ଠାରୁ ଅଧିକ ହୁଏ ସେତେବେଳେ ତାହା ଓମ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସରଣ କରେ । ଏଠାରେ

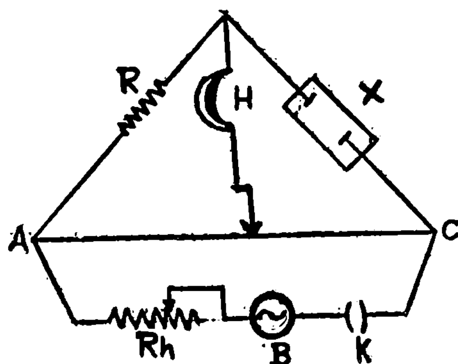
$$V\ (=E-E_1)\propto I$$

$$\therefore\ R=\frac{V}{L}=\rho\frac{l}{\rho}$$

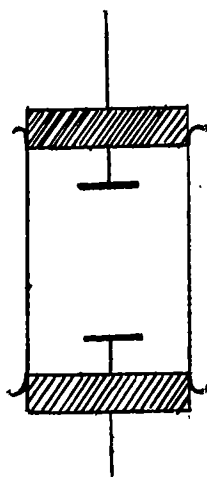
ତେଣୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ସରଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଇ ଓମ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଦ୍ୱାରା ବିଶିଷ୍ଟ ରୋଧ ρ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଅସୁବିଧାଜନକ । କିନ୍ତୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ପାଶ୍ୱୀକରଣ ହୁଏ ନାହିଁ ଓ ସେଥିପାଇଁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ସାହାଯ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର ρ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ସୁବିଧାଜନକ । ବୈଜ୍ଞାନିକ 'କୋହଲ୍‌ରାସ୍' (Kohlrausch) ମିଟର ବ୍ରିଜ୍‌ରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ବ୍ୟବହାର କରି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର ବିଶିଷ୍ଟ ରୋଧ ρ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିଥିଲେ ଓ ଏହି ରୀତିକୁ **'କୋହଲ୍‌ରାସଙ୍କ ରୀତି'** କୁହାଯାଏ ।

କୋହଲ୍‌ରାସଙ୍କ ରୀତି (Kohlrausch's Method) :—ଏହି ରୀତିରେ ବ୍ୟବହୃତ ମିଟର୍ ବ୍ରିଜ୍ ପରିପଥ ଚିତ୍ର ନଂ 17.8 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ AC ମିଟର୍ ବ୍ରିଜ୍ ତାର, R = ପରିବର୍ତ୍ତିନୀୟ ଅଣପ୍ରେରଣକାରୀ (non-inductive) ରୋଧ ଓ X = ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର ରୋଧ । ଏହି ପରୀକ୍ଷାରେ ବ୍ୟବହୃତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣୀୟ କୋଷଟି u-ଆକାରର କମ୍ବା ସଳଖ କାଚନଳୀ ହୋଇପାରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 17.୨) ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଥାଳିଆ (Disc) ଆକାରର ଦୁଇଟି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ଥାଏ ଓ ସେ ଦ୍ୱୟ ସମାନ ଧାତୁରେ ନିର୍ମିତ ଦୁଇଟି ଦଣ୍ଡ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ।

[ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଗ୍ର. ବ. ବନ୍ଦ କରିବା ପାଇଁ ପଣ୍ଡରୀକରଣ ଲଭ୍ୟ ନ ଥିବ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ଅର୍ଥାତ୍ $CuSO_4$ ଦ୍ରବଣରେ Cu ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ଏବଂ $AgNO_3$ ଦ୍ରବଣରେ Ag ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରେ କିନ୍ତୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ବ୍ୟବହାର କଲେ ଏହି ପ୍ରକାର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ବ୍ୟବହାର କରିବା ଅନାବଶ୍ୟକ]



(ଚିତ୍ର ନଂ 17.8)


(ଚିତ୍ର ନଂ 17.9)

ମିଟରବ୍ରିଜ୍ ପରିପଥରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ବ୍ୟାଟେରୀ ପରିବର୍ତ୍ତେ ଗୋଟିଏ କ୍ଷୁଦ୍ର **ପ୍ରେରଣ କୁଣ୍ଡଳୀ** (Buzzer) ଏବଂ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ପରିବର୍ତ୍ତେ ଏକ **ଶିରଭୂଷ** (Head phone) ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଏଠାରେ ଶିରଭୂଷର ନ୍ୟୂନତମ ଧ୍ୱନି (Sound) ବ୍ରିଜ୍‌ର ସମତୁଳନ ଅବସ୍ଥା (Balanced condition) ଦର୍ଶାଏ, କାରଣ ଶିରଭୂଷର ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ନୀରବତା ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ।

ମନେକର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର କୌଣସି ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଗାଢ଼ତାରେ ତାହାର ରୋଧ X ଓ ସମତୁଳିତ ଅବସ୍ଥାରେ ବ୍ରିଜ୍ ତାର ଉପରେ ଜକି J ର ଅବସ୍ଥାନ P ।

ତେବେ $AP = l$ ଓ $PC = (100 - l)$

$$\therefore \frac{R}{X} = \frac{l}{(100-l)} \text{ କିମ୍ବା } X = \frac{R\,(100-l)}{l}$$

R ଓ l ର ମାନ ଜାଣି X ର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

ମନେକର ସନ୍ତୁଳନ ଅବସ୍ଥାରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣୀୟ କୋଷର ଦୁଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟବଧାନ d, କୋଷର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ a ଓ ଦ୍ରବଣର ବିଶିଷ୍ଟ ରୋଧ ρ ।

$$\therefore \quad \rho = \frac{Xa}{d}$$

ଏବଂ ବିଶିଷ୍ଟ ପରିବାହିତା

$$K = \frac{1}{\rho} = \frac{d}{Xa} = \frac{d \times l}{Ra\,(100-l)} \quad \ldots \quad \ldots \quad (17.13)$$

ସୁତରାଂ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ପରିବାହିତା

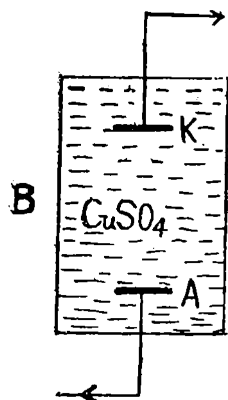
$$\lambda = \frac{K}{C} = KV \quad \ldots \quad \ldots \quad (17.14)$$

ଏଠାରେ V = ଏକ ଗ୍ରାମ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ଦ୍ରବ ଥିବା ଦ୍ରବଣର ଘନ ସେ. ମି. ଆୟତନ ।

ସମୀକରଣ (17.13) ଓ (17.14) ସାହାଯ୍ୟରେ ଯଥାକ୍ରମେ ଦ୍ରବଣର ବିଶିଷ୍ଟ ପରିବାହିତା ଓ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ପରିବାହିତା ମାପ କରାଯାଇପାରେ ।

17.12 ଆୟନର ପ୍ରଚରଣ (Migration of ions) :

କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ନିମଜ୍ଜିତ ଦୁଇଟି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ ଯଥାକ୍ରମେ କେଥୋଡ୍ ଓ ଏନୋଡ୍ ଦିଗରେ ଧାବମାନ ହୁଅନ୍ତି । କିନ୍ତୁ ଏହି ଦୁଇପ୍ରକାର ଆୟନର ଗତି ସମାନ ନୁହେଁ । ଆୟନ ଯେ ଗତି କରେ ଏବଂ ଦୁଇପ୍ରକାର ଆୟନର ପରିବେଗ ଯେ ସମାନ ନୁହେଁ, ତାହା ନିମ୍ନଲିଖିତ ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଯାଇ-ପାରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 17.10)

B ଏକ କପଟ୍ର ଭୋଲଟାମିଟର (ଚିତ୍ର ନଂ 17.10) ଓ ତାହା ଭୂଲମ୍ବ ଭାବରେ ସ୍ଥାପିତ । ଏହା ମଧ୍ୟରେ C_uSO_4 ଦ୍ରବଣ ଅଛି ଓ ଏହାର ଏନୋଡ୍ A ଓ କେଥୋଡ୍ K ଉଭୟ C_u ନିର୍ମିତ । ଏହା ମଧ୍ୟରେ ଶୀର ଚିହ୍ନିତ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ କେଥୋଡ୍ ନିକଟସ୍ଥ ଅଞ୍ଚଳରେ ଦ୍ରବଣର ଗାଢ଼ତା ଲଘୁ ହୋଇଯାଏ । ଏହା ଆୟନର ପ୍ରଚରଣ ଦର୍ଶାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ

C_u^{++} ଆୟନ ଅପେକ୍ଷା SO_4^{--} ଆୟନର ପରିବେଗ ଯେ ଅଧିକ ଓ ତାହା ଏନୋଡ଼୍ ନିକଟରେ ଶୀଘ୍ର ଗ୍ଭଲିଯାଏ ତାହା ସ୍ପଷ୍ଟ ଦର୍ଶାଏ ।

ବିଭବାନ୍ତର ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ଆୟନଗୁଡ଼ିକର ପରିବେଗ ପ୍ରଥମେ ତ୍ୱରିତ (Accelerated) ହୁଏ କିନ୍ତୁ ମାଧ୍ୟମର (ଦ୍ରବଣ) ସାନ୍ଦ୍ରତା (Viscosity) ଦ୍ୱାରା ଆୟନର ଏହି ପରିବେଗ ପରେ ସମାନ (Uniform) ହୋଇଯାଏ । ଏହି ସମପରିବେଗ (Uniform Velocity) ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବିଭବାନ୍ତର, ମାଧ୍ୟମର ସାନ୍ଦ୍ରତା ଏବଂ ଆୟନର ଗ୍ଭର୍ଜ ଓ ଆକାର ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲେ ସାନ୍ଦ୍ରତା ହ୍ରାସ ପାଏ ଓ ତେଣୁ ଆୟନର ପରିବେଗ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ଏହା ଫଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର ରୋଧ ହ୍ରାସପାଏ ଓ ପରିବାହିତା ବୃଦ୍ଧିପାଏ ।

17.13 ଆୟନର ଗତିଶୀଳତା (Mobility of ions) :

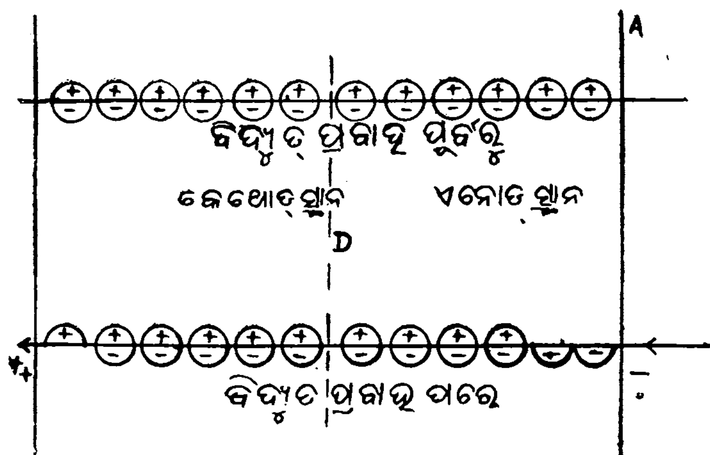
କୌଣସି ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ **ସେ. ମି ପ୍ରତି ଏକ ଭୋଲଟ ବିଦ୍ୟୁତକ୍ଷେତ୍ର ପ୍ରବଣତା (Gradient) ପାଇଁ କୌଣସି ଆୟନର ସମପରିବେଗକୁ ସେହି ଆୟନର ଗତିଶୀଳତା** (Mobility) କୁହାଯାଏ ଓ ତାହାକୁ ସେ. ମି./ ସେକେଣ୍ଡ ଏକକରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ସମୟରେ ଏନୋଡ଼୍ ଓ କେଥୋଡ଼୍ ନିକଟରେ ଦ୍ରବଣର ଗାଢ଼ତା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ବୈଜ୍ଞାନିକ ହିଟୋର୍ଫ (Hittorf) ଦର୍ଶାଇଛନ୍ତି ଯେ ଗାଢ଼ତାର ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଆୟନର ଗତିଶୀଳତା ଅର୍ଥାତ୍ ଯୁକ୍ତ ଓ ବିଯୁକ୍ତ ଗ୍ଭର୍ଜିତ ଆୟନର ଅସମାନ ଗତି ଯୋଗୁ ଘଟେ ।

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣୀୟ କୋଷର ଦ୍ରବଣକୁ କେଥୋଡ଼୍ ସ୍ଥାନ (Cathode space) ଓ ଏନୋଡ଼୍ ସ୍ଥାନ (Anode space) ଏହିପରି ଦୁଇ ସମାନ ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ କରାଯାଇପାରେ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପୂର୍ବରୁ ଏହି ଦୁଇ ସ୍ଥାନରେ ସମାନ ସଂଖ୍ୟକ (ଚିତ୍ର ନଂ 17·11) ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ (ଅର୍ଥାତ୍ ସମାନ ସଂଖ୍ୟକ ଅଣୁ) ଥାଏ ଅର୍ଥାତ୍ ଗାଢ଼ତା ସର୍ବତ୍ର ସମାନ । ଚିତ୍ରରେ ଏହି ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ ଯଥାକ୍ରମେ + ଓ − ଚିହ୍ନଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ।

ଚିତ୍ରରେ (ପ୍ରଥମ ଧାଡ଼ି) ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ପୂର୍ବରୁ କେଥୋଡ଼୍ ସ୍ଥାନରେ 6ଟି ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ 6ଟି ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ ଅର୍ଥାତ୍ 6ଟି ଅଣୁ ଏବଂ ଏନୋଡ଼୍ ସ୍ଥାନରେ 6ଟି ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ 6ଟି ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ ଅର୍ଥାତ୍ 6ଟି ଅଣୁ ଥିବାର ଦର୍ଶାଯାଇଛି ।

ବିଭବାନ୍ତର ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେବା ପରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ କେଥୋଡ୍ ଦିଗରେ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ ଏନୋଡ୍ ଦିଗରେ ଗତି କରିବ । ମନେକର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନର ପରିବେଗ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନର ପରିବେଗର ଦୁଇଗୁଣ ବିପରୀତ ଆୟନଗୁଡ଼ିକ କ୍ରମେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରରେ ସମାନ ହାରରେ ସେମାନଙ୍କର ଚାର୍ଜ ତ୍ୟାଗ କରିବେ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ଫଳରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 17·11)

କୌଣସି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟରେ ମଧ୍ୟବର୍ତ୍ତୀ ରେଖା Dକୁ କେଥୋଡ୍ ଦିଗରେ ଦୁଇଟି ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ ଅତିକ୍ରମ କଲେ ଏନୋଡ୍ ଦିଗରେ ଗୋଟିଏ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ ଅତିକ୍ରମ କରିବ । ସୁତରାଂ କୌଣସି ସମୟରେ କେଥୋଡ୍‌ରେ ଦୁଇଟି ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ ଓ ଏନୋଡ୍‌ରେ ଗୋଟିଏ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନ ସଞ୍ଚିତ ହେବ । ସୁତରାଂ ବର୍ତ୍ତମାନ କେଥୋଡ୍ ସ୍ଥାନରେ 5ଟି ଅଣୁ ଓ ଏନୋଡ୍ ସ୍ଥାନରେ 4ଟି ଅଣୁ ରହିବ ଅର୍ଥାତ୍ କେଥୋଡ୍ ସ୍ଥାନରେ ଗାଢ଼ତାର ହ୍ରାସ $6-5=1$ ଓ ଏନୋଡ୍ ସ୍ଥାନରେ ଗାଢ଼ତାର ହ୍ରାସ $6-4=2$ ତେଣୁ ପ୍ରତି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ନିକଟରେ ଗାଢ଼ତାର ହ୍ରାସ ସେହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ରକୁ ପରିତ୍ୟାଗ କରୁଥିବା ଆୟନର ପରିବେଗ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ । ମନେକର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନର ପରିବେଗ ଯଥାକ୍ରମେ u ଓ v ।

$$\therefore \frac{\text{ଏନୋଡ୍ ନିକଟରେ ଗାଢ଼ତାର ହ୍ରାସ}}{\text{କେଥୋଡ୍ ନିକଟରେ ଗାଢ଼ତାର ହ୍ରାସ}} = \frac{\text{ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନର ପରିବେଗ}}{\text{ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନର ପରିବେଗ}} = \frac{u}{v} \quad \ldots\ldots \quad (17{\cdot}15)$$

ଏବଂ (i) $\frac{\text{ଏନୋଡ଼ ନିକଟରେ ଗାଢ଼ତାର ହ୍ରାସ}}{\text{ଗାଢ଼ତାର ମୋଟ ହ୍ରାସ}} = \frac{u}{u+v} = T_p$

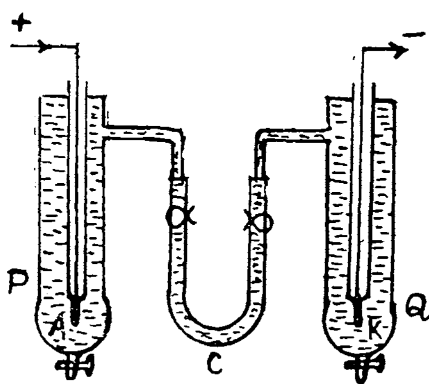
(ii) $\frac{\text{କେଥୋଡ଼ ନିକଟରେ ଗାଢ଼ତାର ହ୍ରାସ}}{\text{ଗାଢ଼ତାର ମୋଟ ହ୍ରାସ}} = \frac{v}{u+v} = T_n$ ... ... (17 16)

ଉପରୋକ୍ତ $\frac{u}{u+v}$ ଓ $\frac{v}{u+v}$ କୁ **'ପରିବହନ ସଂଖ୍ୟା'** (Transport number) ବା **ପ୍ରଚରଣ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ** (Migration constant) ବା **ହିଟୋର୍ଫ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ** (Hittorf constant) କୁହାଯାଏ ।

ଉପରୋକ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋଡ଼ ନିକଟରେ କୌଣସି ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦିତ ହେଉ ନ ଥିବାର ପରିକଳ୍ପନା କରାଯାଇଛି ।

17.14 ଆୟନର ପରିବେଗ ଓ ପରିବହନ ସଂଖ୍ୟା ନିର୍ଣ୍ଣୟ (Determination of Ionic velocities and Transport numbers) :

(୧) $\frac{u}{v}$ **ନିର୍ଣ୍ଣୟ (ଫିଣ୍ଡଲେଙ୍କ ରୀତି)** :—ବୈଜ୍ଞାନିକ ଫିଣ୍ଡଲେ (Findlay) ନିମ୍ନଲିଖିତ ରୀତିରେ ଦ୍ରବଣର ଗାଢ଼ତାର ହ୍ରାସ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି $\frac{u}{v}$ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିଥିଲେ । *P* ଓ *Q* ଦୁଇଟି ପାତ୍ର (ଚିତ୍ର ନଂ 17.12) ଓ ସେ ଦ୍ୱୟ ଗୋଟିଏ ସରୁ ରବର ନଳୀ C ଦ୍ୱାରା ପରସ୍ପର ସଂଯୁକ୍ତ । ସେଥିରେ କିଛି A_gNO_3 ଦ୍ରବଣ ନିଆଯାଇଥାଏ । ପାତ୍ର *P* ଓ *Q* ମଧ୍ୟରେ ଯଥାକ୍ରମେ ଏନୋଡ଼୍ *A* ଓ କେଥୋଡ଼୍ K ନିମଜ୍ଜିତ । ପ୍ରଥମେ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ କିଛି ସମୟ ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଇ ତାହା ବନ୍ଦ କରିଦିଆଯାଏ । ଏହାପରେ ରବର ନଳୀ C କୁ ବନ୍ଦ କରି *A* ଓ K



(ଚିତ୍ର ନଂ 17.12)

ନିକଟସ୍ଥ ଦ୍ରବଣର ଗାଢ଼ତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଓ ଗାଢ଼ତାର ହ୍ରାସ ଜାଣି $\frac{u}{v}$ ହିସାବ କରାଯାଏ ।

(b) $(u+v)$ **ନିର୍ଣ୍ଣୟ (କୋଲ୍‌ରାଉସ୍‌ଙ୍କ ରୀତି)** (Kohlrausch's Method) :—ଆୟନ ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣୀୟ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ପ୍ରବାହ—(i) ଆୟନର ସଂଖ୍ୟା (ii) ପ୍ରତ୍ୟେକ ଆୟନର ଚାର୍ଜ ଓ (iii) ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ଆୟନର ପରିବେଗ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ମନେକର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନର ପରିବେଗ ଯଥାକ୍ରମେ u ସେ. ମି./ସେକେଣ୍ଡ ଓ v ସେ ମି./ସେକେଣ୍ଡ ଏବଂ ଦ୍ରବଣରେ (ଗାଢ଼ତା c) ଏକ ଘନ ସେ. ମି. ଆୟତନ ମଧ୍ୟରେ n ଗ୍ରାମ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ଦ୍ରବ ଅଛି । ଧରାଯାଉ ଯେ ଏହି ଗାଢ଼ତାରେ ଦ୍ରବଟି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବିଯୋଜିତ ହୁଏ ।

ଯଦି ଏକ ଗ୍ରାମ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଆୟନଦ୍ୱାରା ଯଥାକ୍ରମେ $+q$ ଓ $-q$ ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥାଏ ତାହାହେଲେ ଏକ ବର୍ଗ ସେ ମି. ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟ-ଦେଇ ସମକାଳରେ (Simultaneously) କ୍ୟାଥୋଡ଼୍ ଦିଗରେ nqu ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ଓ ଏନୋଡ଼୍ ଦିଗରେ nqu ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଚାର୍ଜ ସ୍ଥାନାନ୍ତରିତ ହେବ ।

ସୁତରାଂ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $= nq(u+v)$
$= n \times 9650\ (u+v),$
$[\because\ q = 9650$ ବି. ଚୁ. ଏ$]$

ମନେକର, x = ଦୁଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ
V = ବିଭବାନ୍ତର
K = ବିଶିଷ୍ଟ ପରିବାହିତା

ଯଦି ବିଭବର ହ୍ରାସ (Gradient of Potential) ସମାନ ହୁଏ ତାହା ହେଲେ

$$\text{ପ୍ରବାହମାତ୍ରା} = K\frac{dV}{dx}$$

$$\therefore\ 9650 \times n\ (u+v) = K\frac{dV}{dx}$$

$$(u+v) = \frac{K}{n} \times \frac{1}{9650} \times \frac{dV}{dx} \quad \ldots \quad (17.16)$$

ଯଦି $\frac{dV}{dx} = 1$ ଭୋଲ୍ଟ/ସେ ମି. ଅର୍ଥାତ୍ 10^8 ବି. ଚୁ. ଏକକ ବିଭବ/ ସେ. ମି. ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$(u+v) = \frac{K}{n} \times \frac{1}{9650} \times 10^{+8} = \left(\frac{K}{n}\right) \times 1.0362 \times 10^4 \quad \cdots \quad \cdots \quad (17\ 17)$$

$$= \left(\frac{K}{c}\right) \times 1.0362 \times 10^4 \quad \cdots \quad (17.18)$$

ଏଠାରେ C ଗ୍ରାମ୍ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ/ଘନ ସେ. ମି. ଏକକରେ ପ୍ରକାଶିତ ଏବଂ $\left(\frac{K}{n}\right)$ କିମ୍ବା $\left(\frac{K}{c}\right)$ ଦ୍ରବଣର ଅସୀମ ପତଳା (Infinite dilution) ଅବସ୍ଥାରେ ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ ପରିବାହିତା (λ_m) । ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ତାପମାତ୍ରାରେ ଓ ଦ୍ରବଣର ବିଭିନ୍ନ ଗାଢ଼ତାରେ λ ଓ $\frac{1}{C}$ ମଧ୍ୟରେ ଗ୍ରାଫ୍ ଅଙ୍କନ କରି ସେଥିରୁ λ_m ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଏବଂ λ_mର ଏହି ମାନ ସମୀକରଣ (17.18) ରେ ବସାଇ ($u+v$) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ । ପରୀକ୍ଷା (a) ସାହାଯ୍ୟରେ $\frac{u}{v}$ ଓ ପରୀକ୍ଷା (b) ସାହାଯ୍ୟରେ ($u+v$) ଜାଣି u ଓ vର ପୃଥକ ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ଏବଂ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ପରିବହନ ସଂଖ୍ୟା $T_p = \frac{u}{u+v}$ ଓ $T_n = \frac{v}{u+v}$ ମଧ୍ୟ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

17·15 ସଞ୍ଚୟ କୋଷ ବା ସଞ୍ଚାୟକ (Storage cell or Accumulator) :

ଭୋଲ୍ଟାମିଟର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ସମୟରେ ଏକ ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଚୁ. ବ. ଉଦ୍ଭବ ହେଉଥିବା ବିଷୟ ପୂର୍ବରୁ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଅଛି । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ H_2SO_4 ମିଶ୍ରିତ ଜଳ ବିଶ୍ଳେଷିତ ହେବାବେଳେ କେଥୋଡ୍ ଉପରେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ H^+ ଆୟନ ଓ ଏନୋଡ୍ ଉପରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ O^{--} ଆୟନ ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ । ଏହା ଫଳରେ ଦୁଇ ପ୍ଲାଟିନମ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଅଗ୍ର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ କ୍ଷେତ୍ରର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ପ୍ରାୟ 1·48 ଭୋଲ୍ଟର ଏକ ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଚୁ. ବ. (Polarisation e. m. f.) କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ସେହିପରି Cu ଭୋଲ୍ଟାମିଟର୍‌ରେ ($CuSO_4$ ଦ୍ରବଣ) ଯଦି ପ୍ଲାଟିନମ୍ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଅଗ୍ର ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ କେଥୋଡ ଉପରେ ଧାତବ କପର ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ କିନ୍ତୁ

SO_4^{--} ଆୟନ ଏନୋଡ୍ ନିକଟକୁ ଯାଇ ଜଳ ସହିତ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦନ କରେ ଏବଂ H_2SO_4 ଓ ଅମ୍ଳଜାନ ଆୟନ (Oxygen) ଉତ୍ପାଦନ କରେ । ଏହି ଅମ୍ଳଜାନ ଆୟନ (O^{--}) ଏନୋଡ୍ ଉପରେ ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା 1·18 ଭୋଲ୍ଟର ଏକ ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଗ୍ଟ. ବ ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ । [ଏଠାରେ ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟ ଯେ ଭୋଲ୍ଟମିଟର୍‌ର ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ଯଦି ଏପରି ଧାତବ ପଦାର୍ଥରେ ହୋଇଥାଏ ଯେ ତାହା ନିର୍ଗତ ଆୟନ ସହିତ ସହଜରେ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦନ କରେ ତାହାହେଲେ ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଗ୍ଟ. ବ. ଉଦ୍ଭବ ହୁଏନାହିଁ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ C_u ଭୋଲଟମିଟର ଯଦି C_u ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଗ୍ଟ. ବ. ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ନାହିଁ ।] ଭୋଲ୍ଟମିଟର୍‌ର ଏହି ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଗ୍ଟ. ବ. ଶକ୍ତିର ଏକ ଉତ୍ସ ଏବଂ ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ରୀତି ଅନୁସରଣରେ **ସଞ୍ଚୟୀ କୋଷ** ତିଆରି କରାଯାଏ । ତେଣୁ ସଞ୍ଚୟୀ କୋଷ ତିଆରି କରିବା ପାଇଁ କୌଣସି ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ଉପଯୁକ୍ତ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ନିମଗ୍ନ କରାଯାଏ ଓ ସେଥିରେ କୌଣସି ବାହ୍ୟ ଉତ୍ସରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଇ ତାହାର ଦୁଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପଶ୍ଚାତ୍ ବି ଗ୍ଟ. ବ. ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଏ । ପରେ ଏହି ଦୁଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ରକୁ ଏକ ପରିବାହୀ ଦ୍ୱାରା ସଂଯୋଗ କଲେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଏଠାରେ ବାହ୍ୟ ବିଦ୍ୟୁତପ୍ରବାହ ଦ୍ୱାରା କୋଷର ଗଠନକାରୀ ପଦାର୍ଥରେ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ ଏବଂ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି କୋଷ ମଧ୍ୟରେ ରାସାୟନିକ ଶକ୍ତି ଭାବରେ ସଞ୍ଚିତ ହୋଇ ରହେ । ଏହି କ୍ରିୟାକୁ **ଚାର୍ଜିଂ** (Charging) ବା **ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସଞ୍ଚୟନ** କୁହାଯାଏ । ପରେ ଯେତେବେଳେ କୋଷର ଦୁଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ରକୁ ତାରଦ୍ୱାରା ସଂଯୋଗ କରାଯାଏ ସେତେବେଳେ ରାସାୟନିକ ଶକ୍ତି ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଓ ତାର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହି କ୍ରିୟାକୁ **ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିସର୍ଜନ** (Discharging) କୁହାଯାଏ ।

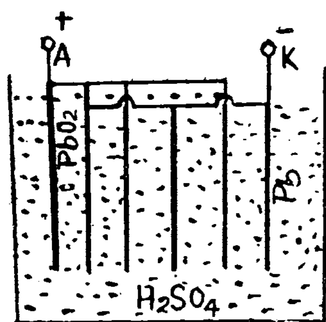
ସଞ୍ଚୟୀ କୋଷ ସାଧାରଣତଃ ଦୁଇପ୍ରକାର—ଯଥାः—

(1) ସୀସା-ଅମ୍ଳ ସଞ୍ଚୟୀ କୋଷ

(2) ନିକେଲ୍ ଲୌହ କ୍ଷାରୀୟ ସଞ୍ଚୟୀ କୋଷ

(1) ସୀସା-ଅମ୍ଳ ସଞ୍ଚୟୀ କୋଷ (Lead-Acid accumulators)—1859 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ 'ପ୍ଲାଣ୍ଟେ' (Plante) ଲଘୁ ଗନ୍ଧକାମ୍ଳ (Dil H_2SO_4) ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ସୀସାଫଳକ ନିମଗ୍ନ କରି ଏହି କୋଷ ତିଆରି କରିଥିଲେ । ଦ୍ରବଣଟି ସାଧାରଣତଃ ଗୋଟିଏ କାଚ ପାତ୍ରରେ ନିଆଯାଇଥାଏ । ଏହି ପ୍ରକାର କୋଷର ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀୟତା (Reversibility) ପ୍ରାୟ 80% ।

ଏହି କୋଷ ମଧ୍ୟରେ ବାହ୍ୟ ଉତ୍ସରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ (ଚିତ୍ର ନଂ 17·13) କେଥୋଡ୍ ନିକଟରେ ଉଦ୍‌ଜାନ ନିର୍ଗତ ହୁଏ ଓ ତାହା ବୁଦ୍‌ବୁଦ ଆକାରରେ ଉପରକୁ ଉଠିଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଏନୋଡ୍ ନିକଟରେ ନିର୍ଗତ ହେଉଥିବା ଅମ୍ଳଜାନ *Pb* ଏନୋଡ୍‌କୁ ଜାରଣ କରି (Oxidise) ଲେଡ୍ ପେରକ୍‌ସାଇଡ୍ (PbO_2)ରେ ପରିଣତ କରେ । ବର୍ତ୍ତମାନ କୋଷ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ବିପରୀତ କଲେ PbO_2 ବିଜାରିତ ହୋଇ *Pb*ରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଓ *Pb* ଜାରିତ ହୋଇ PbO_2ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହିପରି କୋଷ ମଧ୍ୟରେ ପର୍ଯ୍ୟାୟକ୍ରମେ କିଛି ସମୟ ପାଇଁ ଏକ ଦିଗରେ ଓ କିଛି ସମୟ ପାଇଁ ଅପର ଦିଗରେ ପ୍ରବାହ ପଠାଇଲେ ପରିଶେଷରେ ଏନୋଡ୍‌ଟି ଘନ ବାଦାମୀ ରଙ୍ଗର PbO_2ରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଏବଂ କେଥୋଡ୍‌ଟି ସଚ୍ଛିଦ୍ର ସୀସା (Spongy lead)ରେ ପରିଣତ ହୁଏ କିନ୍ତୁ ତାହାର ରଙ୍ଗ ପୂର୍ବପରି ଧୂସର ରହେ । ଏହି ସଚ୍ଛିଦ୍ର ସୀସାର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ଅଧିକ ହୋଇଥିବାରୁ ତାହା ଅଧିକ ଉଦ୍‌ଜାନ ଅବଶୋଷଣ କରିପାରେ ଓ ଫଳରେ କୋଷଟି ଅଧିକ ସମୟ ପ୍ରବାହ ପଠାଇପାରେ । ଏହି ରୀତିକୁ କୋଷର 'ଫଳକ ନିର୍ମାଣ' (Forming the plate) କୁହାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ ବାହ୍ୟଉତ୍ସକୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରି PbO_2 ଓ *Pb* ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଦ୍ୱାର ଦ୍ୱୟକୁ ଗୋଟିଏ ତାର (ରୋଧଯୁକ୍ତ) ଦ୍ୱାରା ସଂଯୋଗ କଲେ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ PbO_2ରୁ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ *Pb*କୁ ତାର ମଧ୍ୟଦେଇ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ।



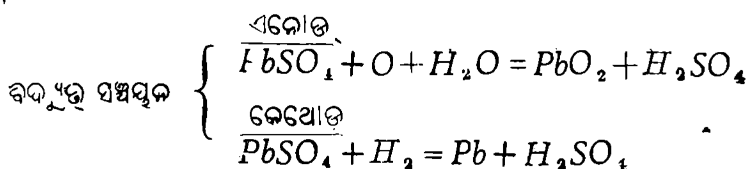
(ଚିତ୍ର ନଂ 17·13)

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିସର୍ଜନ (Discharging) ସମୟରେ ସଞ୍ଚୟ କୋଷଟି ଗୋଟିଏ ସାଧାରଣ ଭୋଲ୍‌ଟୀୟ କୋଷ ସଦୃଶ କାର୍ଯ୍ୟକରେ । ସାଧାରଣ ଭୋଲ୍‌ଟୀୟ କୋଷରେ ଯେପରି ଅମ୍ଳ ମଧ୍ୟରେ ଦୁଇଟି ଅସଦୃଶ (Dissimilar) ଧାତବ ଫଳକ ନିମଜ୍ଜିତ ହୋଇଥାଏ ସଞ୍ଚୟ କୋଷରେ ସେହିପରି H_2SO_4 ଅମ୍ଳ ମଧ୍ୟରେ PbO_2 ଓ *Pb* ଦୁଇଟି ନିମଜ୍ଜିତ ଅସଦୃଶ ଧାତବ ଫଳକ । କୋଷରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ହେବାବେଳେ (ବାହ୍ୟ ପରିପଥ ମଧ୍ୟଦେଇ) ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଫଳକ PbO_2 ନିକଟରେ ନିର୍ଗତ ଉଦ୍‌ଜାନ (H_2) ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟାଦ୍ୱାରା PbO_2କୁ ବିଜାରଣ (Reduction) କରି PbOରେ ପରିଣତ କରେ ଓ ଏହି PbO ଗନ୍ଧକାମ୍ଳ (H_2SO_4) ସହିତ ମିଶି $PbSO_4$ରେ ପରିଣତ ହୁଏ । ଏହି ସମୟରେ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଫଳକ *Pb* ନିକଟରେ ଅମ୍ଳଜାନ (O) ନିର୍ଗତ ହୁଏ ଓ ତାହା *Pb* ସହିତ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା କରି ତାହାକୁ PbOରେ ପରିଣତ କରେ ଓ ଏହି PbO ଗନ୍ଧକାମ୍ଳ ସହିତ ମିଶି $PbSO_4$ ହୋଇଯାଏ ।

ସୁତରାଂ ବିସର୍ଜନ (Discharge) ସମୟରେ ଉଭୟ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଅଗ୍ର $PbSO_4$ରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଓ ପରିଶେଷରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ବନ୍ଦ ହୋଇଯାଏ ଏବଂ କୋଷର ପୁନଃ ସଞ୍ଚୟନ (Recharging) ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ।

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସଞ୍ଚୟନ (Charging) ସମୟରେ କେଥୋଡ୍ ନିକଟରେ ନିର୍ଗତ H^+ ଆୟନର ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟାଦ୍ୱାରା କେଥୋଡ୍‌ଟି Pbରେ ପରିଣତ ହୁଏ ଏବଂ ଏନୋଡ୍ ନିକଟରେ ନିର୍ଗତ O^{--} ଆୟନଦ୍ୱାରା ତାହା PbO_2ରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।

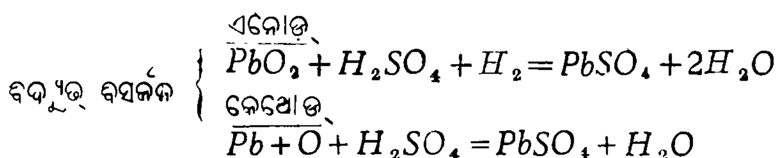
ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସଞ୍ଚୟନ ଓ ବିସର୍ଜନ ସମୟରେ ସମ୍ପାଦିତ ହେଉଥିବା ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା—



ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସଞ୍ଚୟନ

ଏନୋଡ୍: $$\overline{PbSO_4}+O+H_2O=PbO_2+H_2SO_4$$

କେଥୋଡ୍: $$\overline{PbSO_4}+H_2=Pb+H_2SO_4$$



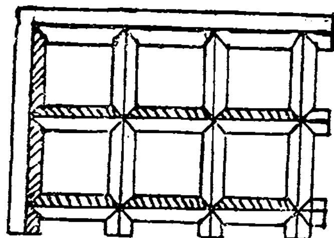
ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିସର୍ଜନ

ଏନୋଡ୍: $$\overline{PbO_2}+H_2SO_4+H_2=PbSO_4+2H_2O$$

କେଥୋଡ୍: $$\overline{Pb+O}+H_2SO_4=PbSO_4+H_2O$$

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସଞ୍ଚୟନ ସମୟରେ H_2SO_4 ଉତ୍ପାଦିତ ହେଉଥିବାରୁ କୋଷର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ (H_2SO_4)ର ଗାଢ଼ତା (ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା) ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ଏବଂ ଏହି ଗାଢ଼ତାର ମାନ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଉଚ୍ଚ ସୀମାରେ ପହଞ୍ଚିଲେ କୋଷଟି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚାର୍ଜିତ ହୋଇଥିବାର ବିବେଚନା କରାଯାଏ । ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚାର୍ଜିତ ଅବସ୍ଥାରେ H_2SO_4ର ଗାଢ଼ତା ବା ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 1·25ରୁ ଅଧିକ ହେବା ଉଚିତ ନୁହେଁ । ବିସର୍ଜନ ସମୟରେ H_2SO_4 ବ୍ୟବହୃତ ହୋଇଯାଉଥିବାରୁ ଓ H_2O (ଜଳ) ଉତ୍ପାଦିତ ହେଉଥିବାରୁ H_2SO_4ର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ହ୍ରାସପାଏ ଓ ତାହା ଏକ ନିମ୍ନମାନରେ ପହଞ୍ଚିଲେ ବିସର୍ଜନ ବନ୍ଦ କରିଦିଆଯାଏ । ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା 1·15ରୁ ନ୍ୟୂନ ହେବା ଉଚିତ ନୁହେଁ । ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚାର୍ଜିତ ଅବସ୍ଥାରେ ସଞ୍ଚୟ କୋଷର ବି: ଗ୍ର: ବ: 2·2 ଭୋଲ୍ଟ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ବିସର୍ଜନ ସମୟରେ ଏହା 2 ଭୋଲ୍ଟରେ ସ୍ଥିର ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି କୋଷର ବି: ଗ୍ର: ବ: 1·8 ଭୋଲ୍ଟକୁ ହ୍ରାସ ପାଇଲେ ସେଥିରୁ ଆଉ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ନ କରାଇ ତାହାକୁ ପୁନର୍ବାର ଚାର୍ଜ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

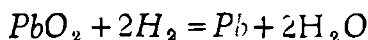
'ଫରେ' ସଞ୍ଚୟୀ କୋଷ (Faure cell) :– ପ୍ଲାଣ୍ଟେଙ୍କ ସଞ୍ଚୟୀ କୋଷର ତିଆରି ଖୁବ୍ ବ୍ୟୟସାଧ୍ୟ ଓ ସମୟସାପେକ୍ଷ । ସେଥିପାଇଁ 'ଫରେ' ଏକ ଶସ୍ତା ସଞ୍ଚୟୀ କୋଷ ତିଆରି କରିଥିଲେ ଓ ଏହାକୁ **ଲେଇ କୋଷ** (Paste cell) କୁହାଯାଏ । ଏହି ସଞ୍ଚୟୀ କୋଷରେ ସୀସା ଫଳକ ପରିବର୍ତ୍ତେ ସୀସାର ଜାଲି (Grid) ବା ଛିଦ୍ରଯୁକ୍ତ ସୀସା (ଚିତ୍ର ନଂ 17·14) ଫଳକ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ଓ ଏହି ଜାଲିର ଛିଦ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଲୋହିତ ସୀସା (Pb_3O_4) ଓ ଗନ୍ଧକାମ୍ଳରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ ଗୋଟିଏ ଲେଇ (Paste) ଭର୍ତ୍ତି କରାଯାଇଥାଏ । କୋଷକୁ ପୂର୍ଣ୍ଣ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ଦ୍ୱାରା ଉଭୟ ଫଳକରେ PbO_2 ଓ $PbSO_4$ ଉତ୍ପାଦିତ ହୋଇଥାଏ ।



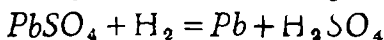
(ଚିତ୍ର ନଂ 17·14)

$Pb_3O_4 + 2H_2SO_4 = PbO_2 + 2PbSO_4 + 2H_2O$ କୋଷ ମଧ୍ୟରେ ବାହ୍ୟ ଉତ୍ସରୁ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ଏନୋଡ଼ରେ $PbSO_4$ ଜାରିତ ହୋଇ PbO_2ରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।

$PbSO_4 + O + H_2O = PbO_2 + H_2SO_4$ ଏବଂ କେଥୋଡ଼ରେ $PbSO_4$ ଓ PbO_2 ଉଭୟ ସଛିଦ୍ର ସୀସା (Spongy lead)ରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।



$$PbO_2 + 2H_2 = Pb + 2H_2O$$



$$PbSO_4 + H_2 = Pb + H_2SO_4$$

ଏଠାରେ କେବଳ ମାତ୍ର ପ୍ରଥମ ଥର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସଞ୍ଚୟନ ପ୍ରଣାଳୀରେ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ସଛିଦ୍ର ସୀସା (Spongy lead) ଉତ୍ପାଦିତ ହେଉଥିବାରୁ କୋଷକୁ ବ୍ୟବହାର ଉପଯୋଗୀ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ସେହି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ବହୁବାର ସଞ୍ଚୟନ (Charging) ବା ବିସର୍ଜନ (Discharging) କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏନାହିଁ ଓ ତେଣୁ କମ୍ ବ୍ୟୟସାଧ୍ୟ ଓ କମ୍ ସମୟସାପେକ୍ଷ; କିନ୍ତୁ **ଲେଇ ଫଳକ** (Paste plate) ଗଠିତ ଫଳକ (Formed Plate) ତୁଲ୍ୟ ସ୍ଥାୟୀ ନୁହେଁ ।

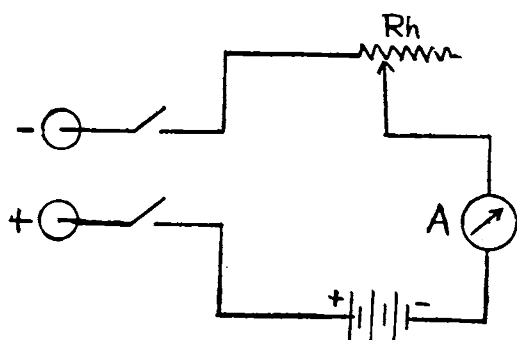
ଆଧୁନିକ ସଞ୍ଚୟୀ କୋଷରେ ଏକାନ୍ତର ଓ ନିବିଡ଼ ଭାବରେ ସଜ୍ଜିତ ଅନେକଗୁଡ଼ିଏ ସମାନ୍ତରାଳ ଏନୋଡ଼୍ ଓ କେଥୋଡ଼୍ ଫଳକ ଥାଏ ଏବଂ ଏହି ଏନୋଡ଼୍ ଫଳକଗୁଡ଼ିକ ଗୋଟିଏ ସୀସାଖଣ୍ଡ ସହିତ ଓ କେଥୋଡ଼୍ ଫଳକଗୁଡ଼ିକ ଅନ୍ୟ ଏକ ସୀସାଖଣ୍ଡ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ । ଏହି ସୀସା ଖଣ୍ଡଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟଦେଇ କୋଷର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ।

ପ୍ରତିରୋଧ (Resistance) :—ସଞ୍ଚୟ କୋଷର ଆନ୍ତରିକ ପ୍ରତିରୋଧ (Internal resistance) ଖୁବ୍ କମ୍—ପ୍ରାୟ 0·01 ଓମ୍ ଓ ଯେଥିପାଇଁ ଏହି କୋଷରୁ ପ୍ରବଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମିଳେ । କିନ୍ତୁ କୌଣସି ସମୟରେ ଏହି କୋଷର ଦୁଇ ଶେଷାଗ୍ରକୁ ଏକ ରୋଧହୀନ ବା ଅଳ୍ପରୋଧବିଶିଷ୍ଟ ତାରଦ୍ୱାରା ସଂଯୋଗ କରି ଏକ ନ୍ୟୂନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପଥ (Short circuit) ସୃଷ୍ଟି କରିବା ଉଚିତ ନୁହେଁ କାରଣ କୋଷର ଆନ୍ତରିକ ରୋଧ ଖୁବ୍ କମ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହାଦ୍ୱାରା ଖୁବ୍ ପ୍ରବଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ଏହା ଫଳରେ ଯେଉଁ ତାପ ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ତାହା କୋଷର ଫଳକ ଓ ଶେଷାଗ୍ରକୁ ନଷ୍ଟ କରିଦିଏ ।

ଏହି କୋଷର ଜଳୀୟ ଅଂଶ ସର୍ବଦା ବାଷ୍ପୀଭୂତ ହୋଇଯାଉଥିବାରୁ ସେଥିରେ ମଝିରେ ମଝିରେ କିଛି ପାତିତ ଜଳ (Distilled water) ମିଶାଇବା ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ ।

ସଞ୍ଚୟ କୋଷର ସଞ୍ଚୟ କ୍ଷମତା (Copacity of an Accumulator) :—କୌଣସି ସଞ୍ଚୟ କୋଷର ସଞ୍ଚୟ କ୍ଷମତା **'ଏମ୍ପିୟର ଘଣ୍ଟା'** (Ampere hour) ଏକକରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ଯଦି ଗୋଟିଏ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚାର୍ଜ କରାଯାଇଥିବା କୋଷ ଏକ ଏମ୍ପିୟର୍ ହାରରେ 20 ଘଣ୍ଟା ବିଦ୍ୟୁତ୍ପ୍ରବାହ କରି ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବିସର୍ଜିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତାହାର ସଞ୍ଚୟ କ୍ଷମତା 20 ଏମ୍ପିୟର ଘଣ୍ଟା ଧରାଯାଏ ।

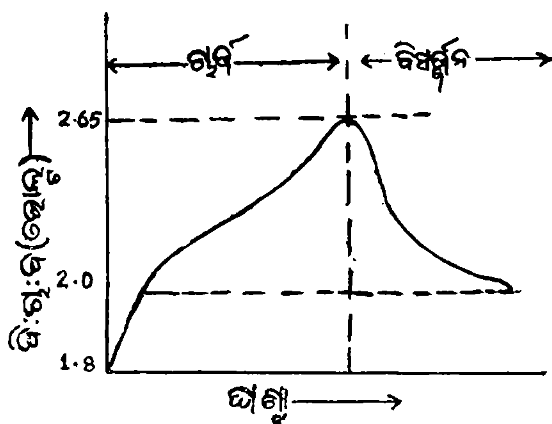
ସଞ୍ଚୟ କୋଷର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସଞ୍ଚୟନ (Charging of an Accumulator) :—ସଞ୍ଚୟ କୋଷକୁ ଚାର୍ଜ କରିବା ପାଇଁ ସେଥିରେ ପୂର୍ବ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ମାତ୍ରାରେ ଧୀରେ ଧୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଯାଏ ଓ ସାଧାରଣତଃ ଏହି ପ୍ରବାହମାତ୍ରା 2 ଏମ୍ପିୟର୍ ଅତିକ୍ରମ କରେ ନାହିଁ । ସରଳ ପ୍ରବାହ ପ୍ରମୁଖ ତାରର (D. C mains) ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ ରିଓଷ୍ଟାଟ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ହ୍ରାସ କରି ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ସଞ୍ଚୟ କୋଷକୁ ଚାର୍ଜ କରାଯାଇ ପାରେ ଏହି ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ ବ୍ୟବହୃତ ପରିପଥ ଚିତ୍ର ନଂ 17·15ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ କୋଷର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଫଳକକୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ସରଳପ୍ରବାହ ପ୍ରମୁଖ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ଚାର୍ଜିଂ ପ୍ରବାହ



(ଚିତ୍ର ନଂ 17·15)

କୋଷ ଯେଉଁ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଏ ତାହାର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଚାର୍ଜ ଓ ବିସର୍ଜନ ସମୟରେ କୋଷରେ ଯେଉଁ ବି. ଚା: ବ: କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ତାହା ଚିତ୍ର ନଂ 17·16ରେ ଗ୍ରାଫ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏହି ଗ୍ରାଫରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ କୋଷରେ ଚାର୍ଜ ସମୟରେ ସର୍ବାଧିକ 2·65 ଭୋଲ୍ଟ ବି: ଚା: ବ: ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ କିନ୍ତୁ ବିସର୍ଜନ ସମୟରେ ପ୍ରାୟ 2 ଭୋଲ୍ଟରେ କେତେକ ସମୟ ଧରି ସ୍ଥିର (Steady) ପ୍ରବାହ ପ୍ରଦାନ କରେ ।

ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପ୍ରମୁଖ ତାର (A. C. Mains) ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀ ଚାର୍ଜକ ଯନ୍ତ୍ର (Battery charger) ସାହାଯ୍ୟରେ କୋଷକୁ ମଧ୍ୟ ଚାର୍ଜ କରାଯାଇ ପାରେ । ଏଠାରେ ଗୋଟିଏ ଅପଚାୟୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର (Stepdown transformer) ସାହାଯ୍ୟରେ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ହ୍ରାସ କରି ଗୋଟିଏ ଋଜୁକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର (Rectifier) ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହକୁ ସରଳ ପ୍ରବାହରେ ପରିଣତ କରାଯାଏ ଓ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଚାର୍ଜକାରୀ ପ୍ରବାହପାଇଁ ଏହି ସରଳୀକୃତ ପ୍ରବାହକୁ ଉପଯୁକ୍ତ ରୋଧ ଦ୍ୱାରା ହ୍ରାସ କରାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 17·16)

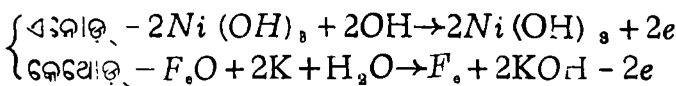
2. (a) **ନିକେଲ-ଲୌହ କ୍ଷାରୀୟ ସଞ୍ଚୟୀକୋଷ** (Nickel-iron alkali accumulator) :

ଏହି କୋଷରେ ପୋଟାସିୟମ୍ ହାଇଡ୍ରକ୍ସାଇଡ୍ (KOH) ଦ୍ରବଣ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ଭାବରେ ନିଆଯାଏ । ଏହାର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଫଳକ ଗୋଟିଏ ସଚ୍ଛିଦ୍ର ନିକେଲ ଲେପନ କରାଯାଇଥିବା ଲୌହ ନଳରେ ଭର୍ତ୍ତି ହୋଇଥିବା ନିକେଲ ଗୁଣ୍ଡ ମିଶ୍ରିତ ନିକେଲ ହାଇଡ୍ରକ୍ସାଇଡ୍ [$Ni(OH)_2$] ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଫଳକ ଅନୁରୂପ ନିକେଲ-ଛିଦ୍ରିତ ଜାଲ (Grid)ର ଛିଦ୍ରରେ ଭର୍ତ୍ତି ଲୌହ ଅକ୍ସାଇଡ୍ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ

ସମୟରେ ନିକେଲ ହାଇଡ୍ରକ୍‌ସାଇଡ୍ ଫଳକରୁ ଲୌହ ଅକ୍‌ସାଇଡ୍ ଫଳକକୁ ବାହ୍ୟ ଭିତ୍ତରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ କରାଯାଏ ଏହି କୋଷର ବି: ଗ୍: ବ: ପ୍ରାୟ 1·3 ଭୋଲ୍ଟ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ଦ୍ରବଣର ଆପେକ୍ଷିକ ସାନ୍ଦ୍ରତା ପ୍ରାୟ 1·17 ।

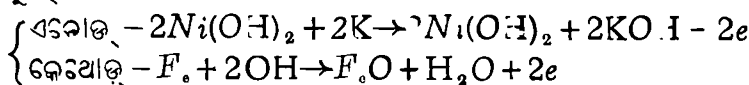
ଏହି କୋଷର ଗ୍ରହଣ ଓ ବିସର୍ଜନ ସମୟରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ସମ୍ପାଦିତ ହୁଏ ।

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ସଞ୍ଚୟନ



$$\begin{cases} \text{ଏନୋଡ୍} - 2Ni(OH)_3 + 2OH \rightarrow 2Ni(OH)_3 + 2e \\ \text{କେଥୋଡ୍} - F_eO + 2K + H_2O \rightarrow F_e + 2KOH - 2e \end{cases}$$

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିସର୍ଜନ



$$\begin{cases} \text{ଏନୋଡ୍} - 2Ni(OH)_2 + 2K \rightarrow 2Ni(OH)_2 + 2KOH - 2e \\ \text{କେଥୋଡ୍} - F_e + 2OH \rightarrow F_eO + H_2O + 2e \end{cases}$$

କ୍ଷାରୀୟ ସଞ୍ଚୟ କୋଷର ସୁବିଧା :—

(i) ସମାନ ଏମ୍ପିୟର୍ ଘଣ୍ଟା କ୍ଷମତା ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଅମ୍ଳ ସଞ୍ଚୟକୋଷ ତୁଳନାରେ କ୍ଷାରୀୟ ସଞ୍ଚୟ କୋଷର ଓଜନ ଖୁବ୍ କମ୍ ।

(ii) ଏହି କୋଷକୁ ଅତିରିକ୍ତ ଗ୍ରହଣ ବା ବିସର୍ଜନ କଲେ ମଧ୍ୟ ଏହାର କୌଣସି କ୍ଷତି ହୁଏନାହିଁ ।

(iii) ଅଯତ୍ନ ବ୍ୟବହାରଦ୍ୱାରା ଏହି କୋଷ ନଷ୍ଟ ହୁଏନାହିଁ ।

(iv) ଏହି କୋଷ ବହୁଦିନ ଧରି ପୂର୍ଣ୍ଣ ବିସର୍ଜିତ ଅବସ୍ଥାରେ ରହିଲେ ମଧ୍ୟ ନଷ୍ଟ ହୁଏନାହିଁ ଓ ଏହାକୁ ପୁନର୍ବାର ଗ୍ରହଣ କରି ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇପାରେ ।

ଅସୁବିଧା :–

(i) ଏହାର ବି. ଗ୍ର ବ ଅମ୍ଳ ସଞ୍ଚୟକୋଷ ତୁଳନାରେ କମ୍ – ପ୍ରାୟ 1·35 ଭୋଲ୍ଟ ।

(ii) କୋଷରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ସମୟରେ ତାହାର ବି. ଗ୍ର ବ. ଶୀଘ୍ର ହ୍ରାସପାଏ ।

(iii) ଏହାର ଦକ୍ଷତା (Efficiency) ଅମ୍ଳ ସଞ୍ଚୟକୋଷ ତୁଳନାରେ କମ୍ – ପ୍ରାୟ 60% [ଅମ୍ଳ ସଞ୍ଚୟକୋଷର ଦକ୍ଷତା 80 %]

(iv) ଏହି କୋଷ ଉନ୍ମୁକ୍ତ ଅବସ୍ଥାରେ ରହିଲେ ବାୟୁମଣ୍ଡଳରୁ CO_2 ଅବଶୋଷଣ କରେ ଓ ଏହା ଫଳରେ ଏହାର ସଞ୍ଚୟ କ୍ଷମତା ହ୍ରାସ ପାଏ । ସେଥିପାଇଁ ଏହି କୋଷର ରାସାୟନିକ ପଦାର୍ଥକୁ ବାୟୁରୋଧ (Airtight) ଅବସ୍ଥାରେ ରଖାଯାଏ ।

17·16 ସିଲଭର କାଡ୍‌ମିୟମ ସଞ୍ଚୟ କୋଷ (Silver Cadmium Secondary Cell) :

ଆଜିକାଲି ସିଲଭର କାଡ୍‌ମିୟମ ନିର୍ମିତ ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ସଞ୍ଚୟକୋଷ (ଆକାର $1\frac{1}{2}'' \times 2''$) ବହୁଳ ଭାବରେ କ୍ଷେପଣାସ୍ତ୍ର, କୃତ୍ରିମ ଉପଗ୍ରହ ଇତ୍ୟାଦିରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଛି । ଏହି କୋଷକୁ ବହୁବାର ସୃଜନ ଓ ବିସର୍ଜନ କଲେ ମଧ୍ୟ ଏହାର କିଛି କ୍ଷତି ହୁଏନାହିଁ ଓ ଏହା ଖୁବ ନିର୍ଭରଯୋଗ୍ୟ ।

17·17 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣର ପ୍ରୟୋଗ (Applications of Electrolysis) :

(i) **ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଲେପନ** (Electroplating) :—କୌଣସି ଧାତୁ ଉପରେ ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷଣଦ୍ୱାରା ସୁନା, ରୁପା, ନିକେଲ, କ୍ରୋମିୟମ୍ ପ୍ରଭୃତି ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଧାତୁର ଆସ୍ତରଣ ଦେବାକୁ **ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଲେପନ** କୁହାଯାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ ଲେପନ ପାଇଁ ଯେଉଁ ଧାତୁ ଉପରେ ବିଦ୍ୟୁତ ଲେପନ ଦେବାକୁ ହୁଏ ସେହି ଧାତୁକୁ କେଥୋଡ଼ରୂପେ ଏବଂ ଯେଉଁ ଧାତୁର ଲେପନ ଆବଶ୍ୟକ ସେହି ଧାତୁର ଫଳକକୁ ଏନୋଡ଼ରୂପେ ଓ ସେହି ଧାତୁର ଲବଣରେ ପ୍ରସ୍ତୁତ କୌଣସି ଦ୍ରବଣକୁ ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟରୂପେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଏଠାରେ ଏନୋଡ଼ ଓ କେଥୋଡ଼କୁ ଯଥାକ୍ରମେ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀର ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରି ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହ ପଠାଇଲେ କେଥୋଡ଼ ଉପରେ ଏନୋଡ଼ର ଧାତୁ ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ ।

ଉଦାହରଣସ୍ୱରୂପ ଲୁହା ଉପରେ ନିକେଲର ବିଦ୍ୟୁତ ଲେପନ କରିବାକୁ ହେଲେ ଲୁହାଟିକୁ କାଚପାତ୍ରରେ ଥିବା ନିକେଲ ସଲଫେଟ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ବୁଡ଼ାଇ ତାହାକୁ ବ୍ୟାଟେରୀର ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ସହିତ ଓ ନିକେଲ ନିର୍ମିତ ଏନୋଡ଼କୁ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଶେଷାଗ୍ର ସହିତ ସଂଯୋଗ କରି ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହ ପଠାଯାଏ । ସେହିପରି ଲୁହା ଉପରେ ରୁପାର ବିଦ୍ୟୁତ ଲେପନ ଦେବାକୁ ହେଲେ ପୋଟାସିୟମ ସାଏନାଇଡ୍ ଯୁକ୍ତ ସିଲଭର ନାଇଟ୍ରେଟ ବା ସିଲଭର ସାଏନାଇଡ଼ (Silver cyanide) ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ଲୁହାକୁ କେଥୋଡ଼ରୂପେ ଓ ସିଲଭରକୁ ଏନୋଡରୂପେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ସୁନାର ବିଦ୍ୟୁତ ଲେପନ ପାଇଁ ସୁନା ଏନୋଡ଼ ଏବଂ ଗୋଲ୍ଡ଼ କ୍ଲୋରାଇଡ଼ ଓ ପୋଟାସିୟମ

ସାଏନାଇଡ୍ ଦ୍ରବଣ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ । ଲୁହା ଉପରେ ନିକେଲର ବିଦ୍ୟୁତ ଲେପନ କରି ଯେଉଁସବୁ ବାସନ ତିଆରି କରାଯାଏ ତାହାକୁ EPNS (Electro plated nickel steel) ବାସନ କୁହାଯାଏ ।

(2) **ବିଦ୍ୟୁତ୍ ମୁଦ୍ରଣ** (Electro typing) :– ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ଧାତୁର ଅକ୍ଷର କିମ୍ବା ବ୍ଲକ ତିଆରି କରିବା ପଦ୍ଧତିକୁ ବିଦ୍ୟୁତ ମୁଦ୍ରଣ କୁହାଯାଏ । କୌଣସି ପଦାର୍ଥର ବ୍ଲକ ତିଆରି କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରଥମେ ମହମ କିମ୍ବା ପ୍ଲାଷ୍ଟର ଅଫ୍ ପ୍ୟାରିସ (Plaster of Paris) ରେ ସେହି ପଦାର୍ଥର ଏକ ଗ୍ରାଞ୍ଚ (Mould) ତିଆରି କରାଯାଏ ଓ ତାହାକୁ ସୁପରିବାହୀ କରିବାପାଇଁ ତାହା ଉପରେ ଗ୍ରାଫାଇଟ ଗୁଣ୍ଡର ଗୋଟିଏ ଆବରଣ ଦିଆଯାଏ । ଏହି ଗ୍ରାଞ୍ଚକୁ ଗୋଟିଏ କପର ଭୋଲଟାମିଟରର $CuSO_4$ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ କେଥୋଡ୍‌ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କରି ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ କରାଇ ଏହା ଉପରେ କପରର ଗୋଟିଏ ଆବରଣ ଦିଆଯାଏ । ଏହା ପରେ ମହମକୁ ତରଳାଇ ବାହାର କରିଦିଆଯାଏ ଓ କପରର ଗ୍ରାଞ୍ଚଟିକୁ ଗୋଟିଏ କାଠ ଖଣ୍ଡ ଉପରେ ଦୃଢ଼ଭାବରେ ବସାଇ ଦିଆଯାଏ ଏହିପରି ଭାବରେ ଟାଇପ୍ ବା ବ୍ଲକ୍ ତିଆରି କରାଯାଏ ।

(3) **ଧାତୁର ଶୋଧନ** (Purification of Metals) :– ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷଣଦ୍ୱାରା କପର, ସିଲଭର, ସୁନା ପ୍ରଭୃତି ଧାତୁର ଶୋଧନ କରାଯାଇପାରେ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଅବିଶୁଦ୍ଧ ଧାତୁକୁ ଏନୋଡ୍, ସେହି ଧାତୁର ଏକ ବିଶୁଦ୍ଧ ଖଣ୍ଡକୁ କେଥୋଡ୍ ଓ ତାହାର ଏକ ଦ୍ରବଣକୁ ବିଦ୍ୟୁତ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟ ରୂପେ ବ୍ୟବହାର କରି ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ କରାଯାଏ । ଏହା ଫଳରେ ଏନୋଡ୍‌ଟି ଦ୍ରବ ହୁଏ (Dissolve) କିନ୍ତୁ ତାହାର ବିଶୁଦ୍ଧ ଧାତବ ଅଂଶଟି କେଥୋଡ୍‌ରେ ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ ।

17·14 ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତ୍ୟ କୋଷ (Reversible Cell) :

କୌଣସି କୋଷ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ କରିବାବେଳେ ସେଥିରେ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ସଂଘଟିତ ହୁଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ କୋଷର ବି. ଗ୍ଗୃ. ବ. ର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ତାହାର ବି ଗ୍ଗୃ.ବ. ଠାରୁ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ ବି. ଗ୍ଗୃ ବ. ପ୍ରୟୋଗ କଲେ ସେଥିରେ ଯଦି ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ସଂଘଟିତ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ କୋଷଟି ଯଦି ତାହାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଅବସ୍ଥାକୁ ଫେରିଆସେ ତାହାହେଲେ କୋଷଟିକୁ **ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତ କୋଷ** କୁହାଯାଏ । କୋଷଟି ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ ହେବା-ପାଇଁ ସେଥିରେ ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ (Polarisation) ହେବା ଉଚିତ ନୁହେଁ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ – ଡାନିଏଲ ବିଦ୍ୟୁତ କୋଷକୁ ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ କୋଷ କୁହାଯାଇପାରେ, କାରଣ (i) ସେଥିରେ ପାର୍ଶ୍ୱୀକରଣ ହୁଏନାହିଁ ଓ (ii) କୋଷଟି ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ କରୁଥିବାବେଳେ ତାହାର କେଥୋଡ୍‌ରେ ଦସ୍ତା ଦ୍ରବ ହୁଏ ଓ ଏନୋଡ୍‌ରେ କପର ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ; କିନ୍ତୁ

ତାହାର ବି. ଗୃ. ବ. ଠାରୁ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ ବି ଗୃ. ବ. ବିପରୀତ ଦିଗରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ସେଥିରେ ଦସ୍ତା ଜମିତ ହୁଏ ଓ କପର ଦ୍ରବ ହୁଏ ।

ପୁନଶ୍ଚ କୋଷଟି ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ ହେବାପାଇଁ ସେଥିରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଅପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ (Irreversible କ୍ରିୟାଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟ ସର୍ବନିମ୍ନ ହେବା ପ୍ରୟୋଜନ –

(i) ପ୍ରବାହ ଜନିତ ତାପ ଉତ୍ପାଦନ (ଜୁଲ୍ ତାପ) ; ଏହା ସର୍ବନିମ୍ନ ହେବାପାଇଁ କୋଷର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଖୁବ୍ କମ୍ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

(ii) ଦ୍ରବଣର ଗାଢ଼ତା ସର୍ବଦା ଓ ସବୁ ସ୍ଥାନରେ ସ୍ଥିର (Constant) ରହିବା ଆବଶ୍ୟକ ଓ ଦ୍ରବଣଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଆନ୍ତଃ ବିସରଣ (Inter diffusion) ହେବା ଉଚିତ ନୁହେଁ କାରଣ ଏ ସମସ୍ତ କ୍ରିୟା ଅପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ ।

ଏହିସବୁ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ବିଚାର କଲେ କ୍ଲାର୍କ ପ୍ରମିତ କୋଷ ଓ ଓ୍ୱେଷ୍ଟନ୍ କାଡ଼ମିୟମ୍ କୋଷ ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ ଓ ଡାନିଏଲ୍ କୋଷ ପ୍ରାୟ ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ ବିବେଚିତ ହୁଏ ।

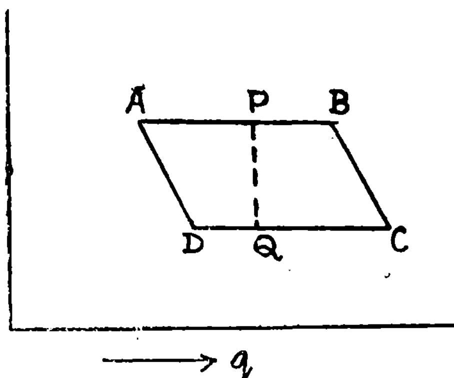
17.19 ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ କୋଷର ବି ଗୃ. ବ.—ହେଲ୍‌ମହୋଲ୍‌ଜ-ଗିବସଙ୍କ ସୂତ୍ର (E. M. F. of reversible cells – Helmholtz Gibbs Equation) :

ଡାନିଏଲ୍ କୋଷରେ ଯଦି (i) ଖୁବ୍ କମ୍ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥାଏ ଅର୍ଥାତ୍ ସେଥିରେ ଉଦ୍ଭବ ଜୁଲ୍ ତାପ ନ୍ୟୂନତମ ହୁଏ ଏବଂ (ii) ଯେଉଁଥିରେ ନିର୍ଗତ ହେଉଥିବା ସମସ୍ତ ରାସାୟନିକ ଶକ୍ତି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ ହେଉଥିବାର ଓ (iii) ତାପମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉ ନ ଥିବାର ଧରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ଏହା ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ ହେବ ଏବଂ ଏହାପ୍ରତି ତାପଗତି ବିଜ୍ଞାନର ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଇପାରେ ।

ହେଲମ୍‌ହୋଲଜ୍ ଓ ଗିବସ୍ ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ କୋଷପ୍ରତି ତାପଗତି ନିୟମ ପ୍ରୟୋଗ କରି ଦର୍ଶାଇଛନ୍ତି ଯେ କୋଷର ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟାଜନିତ ତାପ (ଶକ୍ତି) (Heat of reaction) ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତିକୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇ ନ ପାରେ ଏବଂ କେତେକ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତାହା ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତିଠାରୁ କମ୍ ମଧ୍ୟ ହୋଇପାରେ । ଅନ୍ୟ ଅର୍ଥରେ କୋଷର ବି. ଗୃ ବ. ଆଂଶିକ ଭାବରେ (i) ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟାଜନିତ ତାପ (ଶକ୍ତି) ଓ (ii) କୋଷରେ ଉଦ୍ଭବ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ତାପୀୟ ପ୍ରଭାବ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

ମନେକର ଗୋଟିଏ ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ କୋଷ ଏକ ବାହ୍ୟ, ସମାନ ଓ ବିପରୀତ ବି.ଗ୍ଲ.ବ. ଦ୍ୱାରା ସମତୁଳିତ ଅବସ୍ଥାରେ ଏକ ଅସୀମ ତାପକ୍ଷମତାବିଶିଷ୍ଟ ବେଷ୍ଟନୀ (Source) ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ । ମନେକର ପରମ ତାପମାତ୍ରା (Absolute Temperature) T ରେ ଏହାର ବି ଗ୍ଲ. ବ. E ଅଟେ ।

ମନେକର ବାହ୍ୟ ବି. ଗ୍ଲ. ବ·ର ମାନ ସାମାନ୍ୟ ହ୍ରାସ ପାଇବା ଫଳରେ କୋଷରୁ ଚାର୍ଜ q ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ଏହା ସମତାପମାତ୍ରାରେ (Isothermally) ଘଟେ । ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା (Process) ବି. ଗ୍ଲ ବ. —ଚାର୍ଜ ଆରେଖରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 17·17) ରେଖା AB ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା ଦ୍ୱାରା କୋଷଟି ତାହାର ବି ଗ୍ଲ. ବ. ବଜାୟ ରଖିବା ପାଇଁ ବେଷ୍ଟନୀ (Source) ରୁ h ତାପ (ଶକ୍ତି) ଅବଶୋଷଣ କରେ । ଏହା ପରେ କୋଷଟିକୁ ତାପୀୟ ଭାବରେ ପୃଥକ (Isolate thermally) କରାଯାଉ ଓ ସେଥିରୁ ସମତାପରେ (Adiabatically) ଅତିରିକ୍ତ ଚାର୍ଜ dq ପ୍ରବାହିତ ହେଉ । ଏହାଦ୍ୱାରା କୋଷରୁ ଶକ୍ତି ଅବଶୋଷିତ ହେବ ଏବଂ ଫଳରେ ତାପମାତ୍ରା Tରୁ $(T-dT)$କୁ ହ୍ରାସ ପାଇବ । ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟା ଆରେଖରେ BC ରେଖା ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । କୋଷର ବି: ଗ୍ଲ: ବ: ବର୍ତ୍ତମାନ Eରୁ $(E-dE)=$



(ଚିତ୍ର ନଂ 17·17)

$\left(E-\frac{dE}{dT}\times dT\right)$ କୁ ହ୍ରାସ ପାଇବ । ବର୍ତ୍ତମାନ କୋଷଟିକୁ ପୁଣି ବେଷ୍ଟନୀ ମଧ୍ୟରେ ସ୍ଥାପନ କର ଓ ବାହ୍ୟ ବି: ଗ୍ଲ: ବ: କୁ ସାମାନ୍ୟ ଅଧିକ କର କୋଷ ମଧ୍ୟରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଚାର୍ଜ q ପ୍ରବାହିତ କରାଯାଉ । କୋଷଟି ବର୍ତ୍ତମାନ $(T-dT)$ ତାପମାତ୍ରାରେ ତାହାର ବି: ଗ୍ଲ: ବ: $\left(E-\frac{dE}{dT}\times dT\right)$ କୁ ବଜାୟ ରଖିବା ପାଇଁ ବେଷ୍ଟନୀ ମଧ୍ୟକୁ (Sink) h ତାପ (ଶକ୍ତି) ପରିତ୍ୟାଗ କରିବ । ଏହା ଆରେଖରେ CD ରେଖା ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ପରିଶେଷରେ କୋଷକୁ ତାପୀୟ ଭାବରେ ପୃଥକ୍ କର ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଅତିରିକ୍ତ ଚାର୍ଜ dq ପ୍ରବାହ କରାଇ ତାହାକୁ ତାହାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଅବସ୍ଥା Aକୁ ନିଆଯାଉ । ଏହା ଆରେଖରେ DA ରେଖାଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ବ୍ୟବହୃତ କାର୍ଯ୍ୟ W = କ୍ଷେତ୍ରଫଳ $ABCD$

$$= AB \times PQ = q\frac{dE}{dT} \times dT$$

ଏବଂ ଉଚ୍ଚତାପମାତ୍ରା T ରେ ଉତ୍ସରୁ ଅବଶୋଷିତ ତାପ $= h$

∴ 'କାର୍ନୋ'ଙ୍କ ଚକ୍ରର ଦକ୍ଷତା (Efficiency)

$$= \frac{W}{h} = \frac{T-(T-dT)}{T}$$

କିମ୍ବା $$\frac{q\dfrac{dE}{dT} \times dT}{h} = \frac{dT}{T}$$

$$\therefore\ h = qT\frac{dE}{dT} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (17{\cdot}19)$$

ମନେକର ଏକକ ଚାର୍ଜ ପାଇଁ କୋଷ ମଧ୍ୟରେ ଘଟୁଥିବା ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟାଜନିତ ତାପ (ଶକ୍ତି) $= H$ ।

∴ q ଚାର୍ଜ ପାଇଁ ତାପ (ଶକ୍ତି) $= Hq$

ସମତାପମାତ୍ରା T ରେ ଯେତେବେଳେ କୋଷ ମଧ୍ୟରେ q ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ (ଆରେଖରେ AB ପ୍ରକ୍ରିୟା ସମୟରେ) ସେତେବେଳେ ମୋଟ କାର୍ଯ୍ୟ $= Eq$

ସୁତରାଂ $Eq = Hq + h$

କିମ୍ବା $E = H + \dfrac{h}{q}$

$$= H + T\frac{dE}{dT} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (17{\cdot}20)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସୂତ୍ରକୁ **ହେଲମ୍‌ହୋଲଜ୍‌-ଗିବସ୍‌ଙ୍କ ବି: ଚା: ବ: ସୂତ୍ର** କୁହାଯାଏ ।

(1) ଯଦି ବିଭବର ତାପମାତ୍ରା ଗୁଣାଙ୍କ $\dfrac{dE}{dT} = 0$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$E = H$$

ଓ୍ବେଷ୍ଟନ କାଡ଼ମିୟମ ପ୍ରମିତ କୋଷରେ ବିଭବର ତାପମାତ୍ରା ଗୁଣାଙ୍କ ଶୂନ୍ୟ ଓ ତେଣୁ ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ $E = H$ (ପ୍ରାୟ) ।

(୨) ଯଦି $\frac{dE}{dT}$ ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ ତାପମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲେ ବ: ଗ୍ନ: ବ: ବୃଦ୍ଧିପାଏ ତାହାହେଲେ $E>H$ ଓ ତେଣୁ h ଯୁକ୍ତାତ୍ମକ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତାପମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ରଖିବା ପାଇଁ ତାପ ଅବଶୋଷିତ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ କୋଷଟି କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବାବେଳେ ଥଣ୍ଡା ହୋଇଯାଏ ।

(୨) ଯଦି $\frac{dE}{dT}$ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ହୁଏ ତାହାହେଲେ କୋଷରୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାହା ଉତ୍ତପ୍ତ ହୁଏ ।

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମଗୁଡ଼ିକ ଉଲ୍ଲେଖ କର ଓ ସେଗୁଡ଼ିକ ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ କପର ସତ୍ୟାପନ କରାଯାଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

2. ଗୋଟିଏ କପର୍ ଭୋଲ୍ଟାମିଟର୍ର କେଥୋଡ୍ର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ 15 ବର୍ଗ ସେ: ମି: । ସେଥିରେ ଥିବା $CuSO_4$ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ 2 ଏମ୍ପିୟର୍ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଏକ ମିନିଟ୍ ପାଇଁ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ କେଥୋଡ୍ ଉପରେ ସଞ୍ଚିତ କପର୍ର ବେଧ (Thickness) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(କପର୍ର ବି: ରା: ତୁ: = ·0003294 ଗ୍ରାମ/କୁଲମ୍
ଏବଂ କପର୍ର ସାନ୍ଦ୍ରତା = 8·9 ଗ୍ରାମ/ଘନ ସେ: ମି:)

[ଉତ୍ତର :– 0·00029 ସେ: ମି:]

3. ଆବୃନକ ବିଯୋଜନ ପ୍ରକଳ୍ପ ସାହାଯ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ ଘଟନା କପର ବୁଝାଇ ଦିଆଯାଇପାରେ ତାହା ଦର୍ଶାଅ ।

4. ଗୋଟିଏ ଜଳ ଭୋଲ୍ଟାମିଟର୍ ମଧ୍ୟରେ 0·5 ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା 30 ମିନିଟ ପାଇଁ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ସ୍ୱାଭାବିକ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ କେତେ ଘନ ସେ: ମି: ଉଦ୍ଜାନ ନିର୍ଗତ ହେବ ?
[ସ୍ୱାଭାବିକ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ ଉଦ୍ଯାନର ସାନ୍ଦ୍ରତା = ·00009 ଗ୍ରାମ/ଘନ ସେ: ମି:]

[ଉତ୍ତର :—103·65 ଘନ ସେ: ମି:]

5. ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଗୁର୍ଜର ପରମାଣବିକତା କପରେ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

6. କୌଣସି ଏକଯୋଜୀ ଆୟନର ଗୁର୍ଜ $=1\cdot6\times10^{-19}$ କୁଲମ୍, ଉଦଜାନର ବି: ରା: ତୁ: $=104\times10^{-7}$ ଗ୍ରାମ୍/କୁଲମ୍ ଏବଂ ସ୍ୱାଭାବିକ ଚାପମାତ୍ରା ଓ ଗୃପରେ ଉଦଜାନର ବି: ରା: ତୁ: $=9\times10^{-5}$ ଗ୍ରାମ/ଘନ ସେ: ମି: । ସ୍ୱାଭାବିକ ଚାପମାତ୍ରା ଓ ଗୃପରେ ଏକ ଘନ ସେ: ମି: ଉଦଜାନ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ଅଣୁ ସଂଖ୍ୟା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । [ଉତ୍ତର :—$2\cdot705\times10^{19}$]

7. ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣବେଳେ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଏକଯୋଜୀ ଆୟନ ଏକ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋନୀୟ ଗୁର୍ଜ ପରିବହନ କରେ—ଏହା କାହିଁକି ବିଶ୍ୱାସ କରାଯାଏ ।

8. ସିଲଭର୍ ଭୋଲ୍ଟାମିଟରର ଗଠନ ବର୍ଣ୍ଣନା କର ଓ ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା କପରି ସଠିକ ଭାବରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

9. କପର୍ ଭୋଲ୍ଟାମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଟାନଜେଣ୍ଟ ଗାଲଭାନୋମିଟରର ଲଘୁକାରକ କପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

10. ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଚ୍. ବ. କଣ ? କେବଳ ମାତ୍ର ଗୋଟିଏ ଲେକ୍ଲାଂଶେ କୋଷଦ୍ୱାରା ଜଳର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣ କାହିଁକି ସମ୍ଭବ ହୁଏନାହିଁ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

11. ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣୀୟ ଦ୍ରବଣର ତୁଳ୍ୟାଙ୍କ ପରିବାହିତା କଣ ଓ ତାହା ଦ୍ରବଣର ଗାଢ଼ତା ଉପରେ କପରି ନିର୍ଭର କରେ ? ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର ବିଶିଷ୍ଟ ପରିବାହିତା ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ କପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ଯାଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

12. କୋଲ୍ରକ୍ଙ୍କ ସେତୁ ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷ୍ୟର ବିଶିଷ୍ଟ ପରିବାହିତା କପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

13. ଆୟନର ଗତିଶୀଳତା ଓ ପରିବହନ ସଂଖ୍ୟାର ସଂଜ୍ଞା ଉଲ୍ଲେଖ କର । ଆୟନର ପରିବେଗ ଓ ପରିବହନ ସଂଖ୍ୟା କପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

14. ଅମ୍ଳ ସଞ୍ଚୟୀ କୋଷର ଗଠନ ବର୍ଣ୍ଣନା କର । ଏହାକୁ ଗୁର୍ଜ ବା ବିସର୍ଜନ କରିବାବେଳେ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ସଂଘଟିତ ହେଉଥିବା ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ସଂକ୍ଷେପରେ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ସଞ୍ଚୟୀ କୋଷର କ୍ଷମତା କି ଭାବରେ ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ?

15 ଏଡ୍ସନ୍ ସଞ୍ଚୟ କୋଷର ଗଠନ ଓ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ସଂଗଠିତ ହେଉଥିବା ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା ଉଲ୍ଲେଖ କର ଏବଂ ଏହି କୋଷକୁ ସୀସା-ଅମ୍ଳ ସଞ୍ଚୟ କୋଷ ସହିତ ତୁଳନା କର ।

16. ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ କୋଷ କାହାକୁ କୁହାଯାଏ ? ପ୍ରତିବର୍ତ୍ତୀ କୋଷର ବି. ଗ୍ର. ବ. ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ହେଲମ୍‌ହୋଲଜ୍-ଗିବସ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର ।

17. 15 ମିନିଟରେ $17°C$ ତାପମାତ୍ରା ଓ 740 ମିଲିମିଟର ଚାପରେ 100 ଘନ ସେ.ମି. ଉଦଜାନ ନିର୍ଗତ ହେବାପାଇଁ କେତେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଆବଶ୍ୟକ ହେବ ?
[ସ୍ୱାଭାବିକ ତାପମାତ୍ରା ଓ ଚାପରେ ଉଦଜାନର ସାନ୍ଦ୍ରତା $= 9 \times 10^{-5}$ ଗ୍ରାମ/ଘନ ସେ.ମି.] [ଉତ୍ତର :— 0·878 ଏମ୍ପିୟର]

18. ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଷୟରେ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଟିପ୍ପଣୀ ଲେଖ :—
(i) ଏଡ୍ସନ୍ କୋଷ (ii) ବିଦ୍ୟୁତ୍ ବିଶ୍ଳେଷଣୀୟ ପରିବହନ (iii) ବିଦ୍ୟୁତ-ବିଶ୍ଳେଷଣ ସମୟରେ ପଶ୍ଚ ତ. ବି. ଚା. ବ. (iv) ଆୟନର ଗତିଶୀଳତା ଓ ପ୍ରଚରଣ (v) ପରିବହନ ସଂଖ୍ୟା ।

ଅଷ୍ଟାଦଶ ପରିଚ୍ଛେଦ

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ

(Electro-magnetic Induction)

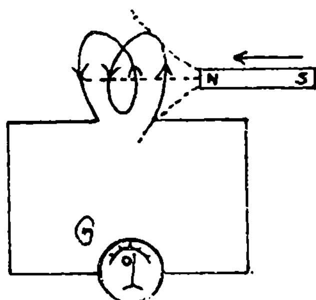
18·1 ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ :

କୌଣସି ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାହା ନିକଟରେ ଯେ ଏକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ଏ ବିଷୟ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଓଏର୍‌ଷ୍ଟେଡ଼ 1820 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ଆବିଷ୍କାର କରିଥିଲେ । ପରବର୍ତ୍ତୀ କାଳରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ଏମ୍ପିୟର୍ ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ମାନ ପାଇଁ ଏକ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କରିଥିଲେ ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହକାରୀ ଏକ ପରିପଥ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକ କବଚ ସଦୃଶ କାର୍ଯ୍ୟକରେ ବୋଲି ଦର୍ଶାଇଥିଲେ । ଏହି ଆବିଷ୍କାର ପରେ ବୈଜ୍ଞାନିକ ମାଇକେଲ୍ ଫାରାଡ଼େ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରଦ୍ୱାରା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହର ଉତ୍ପାଦନ ସମ୍ଭବ କି ନା ଏ ବିଷୟରେ ଗବେଷଣା କରିଥିଲେ ଓ ପରିଶେଷରେ 1831 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ଦର୍ଶାଇଥିଲେ ଯେ ଗୋଟିଏ ସଂବୃତ ପରିପଥ ଓ ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକ ଅର୍ଥାତ୍ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଆପେକ୍ଷିକ ଗତି (କୁଣ୍ଡଳୀ ସ୍ଥିର ଓ ଚୁମ୍ବକ ଗତିଶୀଳ ବା ଚୁମ୍ବକ ସ୍ଥିର ଓ କୁଣ୍ଡଳୀ ଗତିଶୀଳ) ଫଳରେ ପରିପଥରେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ । ସଂବୃତ ପରିପଥ ଓ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଆପେକ୍ଷିକ ଗତି ଫଳରେ ଉତ୍ପାଦିତ ଏହି ପ୍ରବାହକୁ **ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହ** (Induced current) ଏବଂ ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାଳକ ବଳ ଉତ୍ପାଦନ ପ୍ରକ୍ରିୟା ବା ଘଟଣାକୁ **ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ** (Electromagnetic Induction) କୁହାଯାଏ । ଏହି ଆବିଷ୍କାର ଫଳରେ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତିକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଓ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତିକୁ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତିରେ ପରିଣତ କରିବା ସମ୍ଭବ ହୋଇଛି । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉତ୍ପାଦନ ଯନ୍ତ୍ର (Generator) ମୋଟର, ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍ ଇତ୍ୟାଦି ଯନ୍ତ୍ରର କାର୍ଯ୍ୟପ୍ରଣାଳୀ ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

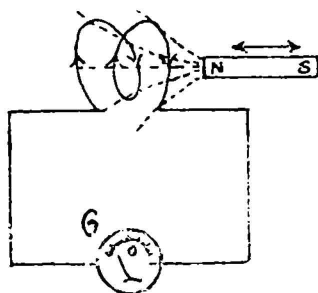
18·2 ପ୍ରେରିତ ବି: ଚା: ବ: ଓ ପ୍ରବାହ :

(1) **ଚୁମ୍ବକ ସାହାଯ୍ୟରେ :**—ABC ଏକ ସଂବୃତ ତାରକୁଣ୍ଡଳୀ (ଚିତ୍ର ନଂ 18·1) ଓ ତାହା ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ।

(i) ଯଦି ଗୋଟିଏ ଦଣ୍ଡ ଚୁମ୍ବକ NSର ଉତ୍ତରମେରୁ N ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀ ନିକଟକୁ ହଠାତ୍ ନିଆଯାଏ ତାହାହେଲେ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ରେ ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ ଏବଂ ଏହା କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ତୀର ଚିହ୍ନିତ ଦିଗରେ (ଚୁମ୍ବକରୁ କୁଣ୍ଡଳୀ ଦିଗରେ ଦୃଷ୍ଟି ନିକ୍ଷେପ କଲେ ବାମାବର୍ତ୍ତୀ – Anticlockwise) ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହିତ (ଚିତ୍ର ନଂ 18·1a) ହେବାର



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·1a)



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·1b)

ଦର୍ଶାଏ । ଚୁମ୍ବକର ସ୍ଥିତିଶୀଳ ଅବସ୍ଥାରେ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ କୌଣସି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏନାହିଁ । ଏଠାରେ ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟ ଯେ ଚୁମ୍ବକଟି ସ୍ଥିତିଶୀଳ ଅବସ୍ଥାରେ ଥିବାବେଳେ ତାହାର କେତେକ ବଳରେଖା କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଶ୍ଳିଷ୍ଟ ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ଚୁମ୍ବକଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ଦିଗରେ ଗତିଶୀଳ ହେଲେ ଏହି ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ବଳରେଖାର ସଂଖ୍ୟା ବୃଦ୍ଧିପାଏ ।

(ii) ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁକୁ କୁଣ୍ଡଳୀ ନିକଟରୁ ହଠାତ୍ ଅପସାରଣ କଲେ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 18·1b) ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ ଏବଂ ଏହା କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପୂର୍ବ ପ୍ରବାହର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ହେଉଥିବାର ଦର୍ଶାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ବଳରେଖା ହ୍ରାସ ପାଏ ।

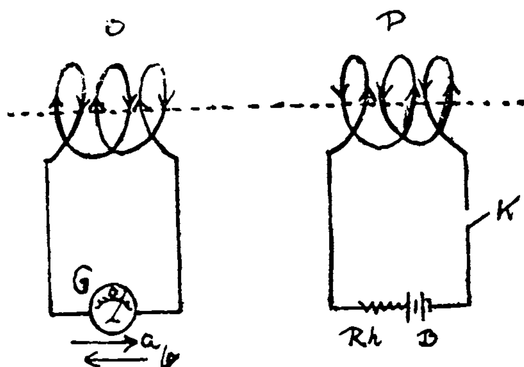
(iii) ସେହିପରି ଚୁମ୍ବକର ଦକ୍ଷିଣମେରୁକୁ କୁଣ୍ଡଳୀ ନିକଟକୁ ହଠାତ୍ ଆଣିଲେ ବା କୁଣ୍ଡଳୀ ନିକଟରୁ ଦୂରକୁ ହଠାତ୍ ଅପସାରଣ କଲେ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଯଥାକ୍ରମେ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ ଓ ବାମାବର୍ତ୍ତୀ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ।

(iv) ଚୁମ୍ବକର ଗତି ଦ୍ରୁତ ହେଲେ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ ଅଧିକ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିପାଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ପ୍ରବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ଅଧିକ ହୁଏ ।

ଉପରୋକ୍ତ ସମସ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକକୁ ସ୍ଥିର ରଖି କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଗତିଶୀଳ କଲେ ଗାଲଭାନୋମିଟର୍‌ର ଅନୁରୂପ ବିକ୍ଷେପ ହେବ ।

(2) **କୁଣ୍ଡଳୀଦ୍ୱାରା :**—କୌଣସି କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାହା ଏକ ଚୁମ୍ବକ ଭଳି ସଦୃଶ କାର୍ଯ୍ୟକରେ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲେ ଉଭବ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ଅର୍ଥାତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ (Magnetic-flux) ମଧ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ । ଏହି ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ ଯଦି ସନ୍ନିକଟସ୍ଥ ଅନ୍ୟ ଏକ ଦ୍ୱିତୀୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ହୁଏ ଓ ତାହା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଦ୍ୱିତୀୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ **ଏକ** ବି: ଗ୍ଃ: ବ ପ୍ରେରିତ ହେବ ।

P ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ଓ ତାହା ଏକ (ଚିତ୍ର ନଂ 18·2) ବ୍ୟାଟେରୀ *B*, ରିଓଷ୍ଟାଟ୍ *Rh* ଓ ସୁଇଚ୍ *K* ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ଏହି କୁ ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀ (Primary) କୁହାଯାଏ । ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀ ନିକଟରେ *S* ଅନ୍ୟ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ଓ



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·2)

ତାହା ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରେ *G* ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଗୌଣ କୁଣ୍ଡଳୀ (Secondary) କୁହାଯାଏ ।

(i) ସୁଇଚ୍ K ସଂଯୋଗ କଲେ *P*ରେ ତୀର ଚିହ୍ନିତ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଏବଂ ଠିକ୍ ଏହି ସମୟରେ *S* ମଧ୍ୟରେ ତୀର *a* ଚିହ୍ନିତ ଦିଗରେ (*P*ରେ ଯେଉଁ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ତାହାର ବିପରୀତ ଦିଗରେ) ଏକ କ୍ଷଣିକ ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ଏଠାରେ ଏହି ପ୍ରେରଣ *P*ରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର କେବଳ କ୍ରମବୃଦ୍ଧି ସମୟରେ ଘଟେ କିନ୍ତୁ *P*ରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ମାନ ବୃଦ୍ଧି ପାଇ ସ୍ଥିର ହୋଇଗଲେ *S*ରେ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହ ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଯାଏ ।

(ii) ସୁଇଚର ସଂଯୋଗ ଛିନ୍ନ କଲେ *P*ରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯେତେବେଳେ କମେ ହ୍ରାସପାଏ ସେତେବେଳେ *S*ରେ ଏକ କ୍ଷଣିକ ପ୍ରବାହ ମଧ୍ୟ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ କିନ୍ତୁ ତାହାର ଦିଗ (ତୀର *b*) ପୂର୍ବ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହର ବିପରୀତ ହୋଇଯାଏ ।

ସୁତରାଂ *P*ରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥିବାବେଳେ *S*ରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଏବଂ (ଉଭୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ସ୍ଥିର ଥିବାବେଳେ) *P*ରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

ସ୍ଥିର ହୋଇଗଲେ ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରଣ ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଯାଏ । କିନ୍ତୁ Pରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସ୍ଥିର ଥିବାବେଳେ ଯଦି P କିମ୍ବା S ଗତିଶୀଳ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଆପେକ୍ଷିକ ଗତି ଫଳରେ Sରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ।

ଉପରୋକ୍ତ ସମସ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରରେ (i) ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ପ୍ରବାହର ସାନ୍ଦ୍ରତା (Flux density) (ii) କୁଣ୍ଡଳୀ Sର ଘେର ସଂଖ୍ୟା ଓ (iii) ତାହା ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ପ୍ରବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ଉପରେ ପ୍ରେରିତ ବି: ଗ୍ଲ: ବ: ଓ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହର ମାନ ନିର୍ଭର କରେ । ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଅନ୍ତର (Core) ଭାବରେ ନରମ ଲୁହାର ଏକ ତାରଗୁଚ୍ଛ (Bundle of Soft iron wires) ରଖି ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ପ୍ରବାହର ସାନ୍ଦ୍ରତା ବୃଦ୍ଧି କରାଯାଇପାରେ ।

18·3 ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ନିୟମ :

ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣର କାରଣ ଓ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚାଳକ ବଳର ମାନ ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ନିୟମ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା —

ପ୍ରଥମ ନିୟମ :— କୌଣସି କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳରେଖାର ସଂଖ୍ୟା (ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ — Magnetic flux) ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲେ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚାଳକ ବଳ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହି ପ୍ରେରିତ ବି: ଚା: ବ:ର ମାନ (i) ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ-ପ୍ରବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ଓ (ii) କୁଣ୍ଡଳୀର ଘେର ସଂଖ୍ୟା ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ।

ଦ୍ୱିତୀୟ ନିୟମ :— କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟବଳ ରେଖାର ସଂଖ୍ୟା ବୃଦ୍ଧିଦ୍ୱାରା ବିପରୀତ ମୁଖୀ (Inverse) ଓ ହ୍ରାସ-ଦ୍ୱାରା ସମମୁଖୀ (Direct) ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଏବଂ ବଳରେଖା କେବଳ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥିବାବେଳେ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହ ରହିଥାଏ ରହେ ।

ମନେକର ϕ = ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳରେଖାର ସଂଖ୍ୟା ବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ

e = ତାତ୍କ୍ଷଣିକ ବି: ଚା: ବ:

ତେଣୁ ଫାରାଡେଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ

$$e = -\frac{d\phi}{dt} \text{ ବି. ଚା. ଏ.}$$

$$= -\frac{d\phi}{dt} \times 10^{-8} \text{ ଭୋଲ୍ଟ} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots (18{\cdot}1)$$

18.4 ଲେଞ୍ଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ (Lenz's Law) :

ସକଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣକ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ପ୍ରବାହର ଦିଗ ଏପରି ହୁଏ ଯେ, ତାହାର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପ୍ରବାହର ମୂଳ କାରଣକୁ ବାଧା ଦିଏ ।

ଲେଞ୍ଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ଯଦି ଗୋଟିଏ ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁ ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀ ନିକଟକୁ ନିଆଯାଏ ତାହାହେଲେ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ଏପରି ହେବ ଯେ ତାହା ଉତ୍ତରମେରୁର ଗତିକୁ ବାଧାଦେବ । କିନ୍ତୁ ଉତ୍ତରମେରୁ କେବଳ ଅନ୍ୟ ଏକ ଉତ୍ତରମେରୁ ଦ୍ୱାରା ବିକର୍ଷିତ ହୁଏ । ତେଣୁ କୁଣ୍ଡଳୀ ସମ୍ମୁଖ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଏକ ଉତ୍ତର-ମେରୁ ଉଦ୍ଭବ ହେବା ଅର୍ଥାତ୍ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହର ଦିଗ (ଚୁମ୍ବକ ଦିଗରୁ ଦୃଷ୍ଟି ନିକ୍ଷେପ କଲେ) ବାମାବର୍ତ୍ତୀ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଯେଉଁପରି ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁ ଦୂରକୁ ଅପସାରିତ ହେବାବେଳେ କୁଣ୍ଡଳୀର ନିକଟତମ ପ୍ରାନ୍ତରେ ଯଦି ଏକ ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଉତ୍ତରମେରୁର ଗତି ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହେବ । ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁକୁ କୁଣ୍ଡଳୀ ନିକଟକୁ ଆଣିବାବେଳେ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀ ନିକଟରୁ ଅପସାରଣ କରିବାବେଳେ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ଯଥାକ୍ରମେ ବାମାବର୍ତ୍ତୀ ଓ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ ହେବା ବିଷୟ ପରୀକ୍ଷାଦ୍ୱାରା ସତ୍ୟାପନ କରାଯାଇଛି । ତେଣୁ ଯେଉଁ କାରଣରୁ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହ ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ପ୍ରବାହର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ସେହି କାରଣକୁ ସବୁ ସମୟରେ ବାଧା ଦିଏ ।

18.5 ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ପରିପ୍ରେକ୍ଷୀରେ ଲେଞ୍ଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ (Lenz's Law and the Principle of Conservation of Energy) :

ଲେଞ୍ଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମର ଅନୁସାରୀ । ଲେଞ୍ଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ଏପରି ହୁଏ ଯେ ତାହାର ପ୍ରତିକ୍ରିୟା ପ୍ରବାହର କାରଣ, ଅର୍ଥାତ୍ ଚୁମ୍ବକର ଗତିକୁ ବାଧା ଦିଏ ଅର୍ଥାତ୍ ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁକୁଣ୍ଡଳୀ ନିକଟକୁ ଆସୁଥିବାବେଳେ ବିକର୍ଷିତ ହୁଏ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀଠାରୁ ଅପସାରିତ ହେଉଥିବାବେଳେ

ଆକର୍ଷିତ ହୁଏ । ଯଦି ଏହାର ଠିକ ବିପରୀତ ଅବସ୍ଥା ଉପୁଜେ ଅର୍ଥାତ୍ ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁ କୁଣ୍ଡଳୀ ନିକଟକୁ ଆସିବାବେଳେ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ ହୁଏ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀର ନିକଟପ୍ରାନ୍ତରେ ଏକ ଦକ୍ଷିଣମେରୁ ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଚୁମ୍ବକର ଉତ୍ତରମେରୁ ବିକର୍ଷିତ ହେବା ପରିବର୍ତ୍ତେ ଆକର୍ଷିତ ହେବ । ଏହାଫଳରେ ଚୁମ୍ବକଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ଆଡ଼କୁ ଗତି ଆରମ୍ଭ କରିବାମାତ୍ରେ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହ ଦ୍ୱାରା ତ୍ୱରାନ୍ୱିତ ହେବ ଓ ଏହି ତ୍ୱରଣ କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହ ମଧ୍ୟ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବ । ସୁତରାଂ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହ ଥରେ ଆରମ୍ଭ ହେଲେ ତାହା ଅନ୍ୟ କୌଣସି କ୍ଷେତ୍ରର ବିନା ବାହାମରେ ଅଧିକରୁ ଅଧିକ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବ । ତେଣୁ ଏହା ଶକ୍ତି ସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମ ଲଙ୍ଘନ କରେ । ଅପରପକ୍ଷରେ ଯଦି ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହ ଫଳରେ ଚୁମ୍ବକର ଗତି ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଚୁମ୍ବକର ଗତି ବଜାୟ ରଖିବାପାଇଁ ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦନ ପାଇଁ ଏହି ପ୍ରତିକୂଳ ବଳ ବିରୁଦ୍ଧରେ ଯାନ୍ତ୍ରିକ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାକୁ ହେବ ଏବଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଏହି ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ବିନିମୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ମିଳେ । ଯେତେବେଳେ ପ୍ରବାହଯୁକ୍ତ ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀ ଆଡ଼କୁ ଗତି କରେ ସେତେବେଳେ ଗୌଣ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଓ ଦୁଇକୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ବିକର୍ଷଣ ବଳ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀର ଗତି ବଜାୟ ରଖିବା ପାଇଁ ଏହି ପ୍ରତିକୂଳ ବଳ ବିରୁଦ୍ଧରେ ଯାନ୍ତ୍ରିକ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାକୁ ହୁଏ ଓ ଏହି ଯାନ୍ତ୍ରିକ କାର୍ଯ୍ୟ ବିନିମୟରେ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ମିଳେ ।

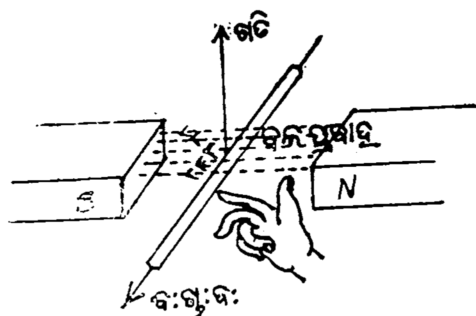
ଯେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମୁଖ୍ୟ ଓ ଗୌଣ କୁଣ୍ଡଳୀ ସ୍ଥିର ଥାଅ ଓ ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହ ଆରମ୍ଭ ବା ବନ୍ଦ କଲେ ବା ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତନ କଲେ ଗୌଣ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ପ୍ରବାହ (*F*lux) ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ଓ ଏହାଫଳରେ ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ସ୍ଥିତିଜ ଶକ୍ତି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ବିଭବଶକ୍ତି ରୂପାନ୍ତରିତ ହୋଇ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଗତି ଶକ୍ତିରେ ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।

18·6 ଫ୍ଲେମିଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଦକ୍ଷିଣହସ୍ତ ନିୟମ (Fleming's Right-hand-Rule) :

ଫ୍ଲେମିଙ୍ଗ୍‌ଙ୍କ ଦକ୍ଷିଣ ହସ୍ତ ନିୟମ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ର. ବ. ବା ପ୍ରବାହର ଦିଗ ସହଜରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ନିୟମଟି ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା –

ଦକ୍ଷିଣହସ୍ତର ପ୍ରଥମ ତିନିଆଙ୍ଗୁଳି ପରସ୍ପର ସହିତ ସମକୋଣରେ ପ୍ରସାରିତ ହେଲେ ଯଦି ତର୍ଜନୀ (Fore finger) ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ଓ ବୁଢ଼ାଆଙ୍ଗୁଳି (Thumb) ପରିବାହୀର ଗତିର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରେ,

ତାହାହେଲେ ମଧ୍ୟମ ଆଙ୍ଗୁଳି ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ଧ. ବ. ପ୍ରବାହର ଦିଗ ନିର୍ଦ୍ଦେଶ କରିବ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·3)

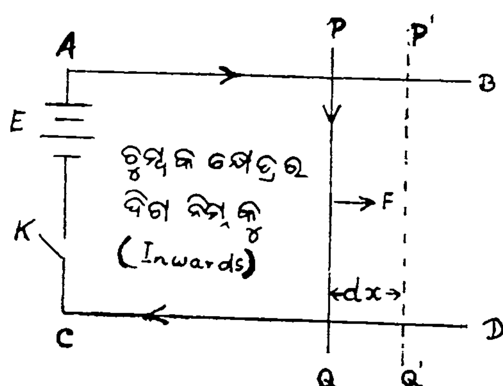
ଏହି ନିୟମ ଆରେଖଦ୍ୱାରା ଚିତ୍ର ନଂ 18·3ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ।

18·7 $e=-\frac{d\phi}{dt}$ ସୂତ୍ରର ତାତ୍ତ୍ୱିକ ନିଗମନ

(Theoretical deduction of the formula $e=-\frac{d\phi}{dt}$) :

ଫାରାଡ଼େଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ଧ ବ. $e=-\frac{d\theta}{dt}$ । ଏହି ସୂତ୍ରକୁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ପ୍ରବାହକାରୀ ପରିବାହୀ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ ଓ ଶକ୍ତିସଂରକ୍ଷଣ ନିୟମର ପ୍ରୟୋଗଦ୍ୱାରା ନିଗମନ କରାଯାଇପାରେ ।

AB ଓ *CD* ଦୁଇଟି ସଳଖ ଓ ସମାନ୍ତରାଳ (ଚିତ୍ର ନଂ 18·4) ପରିବାହୀ ଏବଂ *PQ* ପରିବାହୀ ସେମାନଙ୍କ ଉପରେ ସ୍ଥାପିତ ଓ ସେମାନଙ୍କ ଉପରେ ଖସି ଯାଇପାରେ (Slide) । *AC* ବିନ୍ଦୁରେ ଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀ *E* ଓ ସୁଇଚ K ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ମନେକର ପରିପଥର ସମତଳ ସହିତ ସମକୋଣରେ ଏକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ତାହାର ଦିଗ ନିମ୍ନ ଆଡ଼କୁ । ସୁଇଚ୍ K ସଂଯୋଗ କରି ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ କରାଇଲେ *PQ* ମଧ୍ୟରେ ତୀର ଚିହ୍ନିତ ଦିଗରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ଓ ଫ୍ଲେମିଙ୍ଗଙ୍କ



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·4)

ବାମହସ୍ତ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ PQ ଉପରେ ତୀର ଚିହ୍ନିତ ଦିଗରେ ବଳ F କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ ଓ ଫଳରେ ପରିବାହୀଟି ବଳ ଦିଗରେ ବିସ୍ଥାପିତ ହେବ ।

ମନେକର, H = ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

μ = ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା

i = ପ୍ରବାହମାତ୍ରା (ବି. ଚୁ. ଏ.)

l = ପରିବାହୀ PQ ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ

ପରିବାହୀ PQ ଉପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବଳ $F = \mu Hil$

[ଏହି ବଳ H ଓ l ସହିତ ସମକୋଣରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ]

ମନେକର dt ସମୟ ପାଇଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ଏହି ସମୟରେ PQ ତାହାର ନୂତନ ଅବସ୍ଥାନ $P'Q'$ କୁ ବିସ୍ଥାପିତ ହୁଏ । ଯଦି ପରିବାହୀର ବିସ୍ଥାପନ dx ହୁଏ, ତାହାହେଲେ dt ସମୟରେ

କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ $= \mu Hildx$

$\therefore$ PQ ବିସ୍ଥାପିତ ହେବାବେଳେ କାର୍ଯ୍ୟର ହାର

$$= \mu Hil \frac{dx}{dt}$$

ଏହି ବିସ୍ଥାପନ ସମୟରେ ପରିବାହୀ PQ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା ପ୍ରେରଣ ରେଖାର (Lines of induction) ସଂଖ୍ୟା—

$$d\phi = \mu Hldx = Bldx$$

($\because$ $\mu H = B$ = ଏକକ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରଣ ରେଖାର ସଂଖ୍ୟା)

$\therefore$ ପ୍ରେରଣରେଖାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର

$$\frac{d\phi}{dt} = Bl\frac{dx}{dt}$$

ସୁତରାଂ PQ ବିସ୍ଥାପିତ ହେବାବେଳେ କାର୍ଯ୍ୟର ହାର

$$\mu Hil \frac{dx}{dt} = iBl \frac{dx}{dt} = i \frac{d\phi}{dt}$$

ଏହି କାର୍ଯ୍ୟପାଇଁ ବ୍ୟାଟେରୀ ଆବଶ୍ୟକୀୟ ଶକ୍ତି ଯୋଗାଇ ଦିଏ ।

ଯଦି ବ୍ୟାଟେରୀର ବି. ଚୁ. ବ. $= E$ ହୁଏ ଓ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $= i$ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ବ୍ୟାଟେରୀ ଯୋଗାଉଥିବା ଶକ୍ତିର ହାର $= Ei$ । ଏହି ଶକ୍ତିର ଏକ ଅଂଶ ପରି-

ପଥରେ ଥିବା ରୋଧରେ ତାପ ଉତ୍ପାଦନ କରେ ଓ ଅବଶିଷ୍ଟାଂଶ PQ କୁ ବିସ୍ଥାପନ କରେ । ପରିପଥର ରୋଧ ଯଦି R ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

ତାପ ଉତ୍ପାଦନ ହାର $= i^2R$

$$\therefore \; Ei = i^2R + i\,\frac{d\phi}{dt}$$

କିମ୍ବା $E = iR + \dfrac{d\phi}{dt}$

$$\text{କିମ୍ବା}\quad i = \frac{E - \dfrac{d\phi}{dt}}{R} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (18{\cdot}2)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସୂତ୍ରରୁ ସ୍ପଷ୍ଟ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ ପରିପଥରେ $-\dfrac{d\phi}{dt}$ ମାନର ଏକ ବି. ଗ୍ବ. ବ. ଉତ୍ପନ୍ନ ହୁଏ ଓ ତାହା ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି. ଗ୍ବ. ବ. E ର ବିରୁଦ୍ଧରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହାହିଁ ପରିପଥରେ ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ବ. ବ. ।

$$\therefore \; \text{ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ବ. ବ.}\; e = -\frac{d\phi}{dt}$$

18·8 ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ମୋଟ ଚାର୍ଜ ପରିମାଣ :

ମନେକର ଗୋଟିଏ ସଂବୃତ ପରିପଥ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ପ୍ରବାହର ମାନ (Flux) ϕ_1 ରୁ ϕ_2 କୁ $(\phi_2 > \phi_1)$ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ଓ ଏହା ଫଳରେ ପରିପଥରେ ଏକ ବି. ଗ୍ବ. ବ. e ଓ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ଯଦି ପରିପଥର ରୋଧ R ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$i = \frac{e}{R} = -\frac{1}{R}\frac{d\phi}{dt}$$

dt ସମୟରେ ପରିପଥରେ dq ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ,

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$\therefore \; \frac{dq}{dt} = -\frac{1}{R}\frac{d\phi}{dt}$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରେ ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ସମାକଳନ କର

$$\int_0^Q \frac{dq}{dt} = -\frac{1}{R}\int_{\phi_1}^{\phi_2} \frac{d\phi}{dt} \times dt$$

କମ୍ବା $Q = -\frac{1}{R}(\phi_2 - \phi_1)$ ... (18·3)

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରେ ଯଦି R ର ଏକକ ଓମ୍ ଓ ϕ ର ଏକକ ୱେବେର ହୁଏ ତାହାହେଲେ Q ର ଏକକ କୁଲମ୍ ହେବ ।

ଉଦାହରଣ (1) :—5 ସେ. ମି. ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତମ୍ବର ଚକତି (Disc) 100 ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍ ତୀବ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଅବସ୍ଥିତ ଓ ତାହାର ସମତଳ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ସହିତ ଲମ୍ବ । ଚକତିଟି 1 ମିନଟ୍‌ରେ 600 ଥର ଘୂରିଲେ ତାହାର କେନ୍ଦ୍ର ଓ ଧାର (Edge) ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ଳ. ବ. ର ମାନ କେତେ ହେବ ?

$H = 100$ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍, $R = 5$ ସେ. ମି.

ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ଳ. ବ.

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = H\frac{dA}{dt} = H \times \frac{600 \times \pi R^2}{60}$$

$$= 100 \times \frac{600}{60} \times 3{\cdot}14 \times 25 \text{ ବି. ଚୁ. ଏ.}$$

$$= 78500 \times 10^{-8} \text{ ଭୋଲ୍ଟ}$$

$$= {\cdot}785 \text{ ମିଲି ଭୋଲ୍ଟ (ଉତ୍ତର)}$$

ଉଦାହରଣ (2) :—ଗୋଟିଏ ରେଲଗାଡ଼ି କୋଠରୀର ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 1·2 ମିଟର । ଗାଡ଼ିଟି ଘଣ୍ଟା ପ୍ରତି 60 କିଲୋମିଟର ବେଗରେ ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ଗତି କଲେ ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡରେ ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ଳ. ବ କେତେ ଭୋଲ୍ଟ ହେବ ?

[ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଂଶ V = 0·4 ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍]

ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡର ଦୈର୍ଘ୍ୟ = 1·2 ମିଟର = 120 ସେ. ମି.

V = 0·4 ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍

ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡର ବେଗ

$$= \frac{60 \times 1000 \times 100}{60 \times 60} = \frac{1000 \times 10}{6} \text{ ସେ. ମି./ସେକେଣ୍ଡ}$$

ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ଅତିକ୍ରମ କରୁଥିବା କ୍ଷେତ୍ରଫଳ

$$= \frac{120 \times 10\ 00}{6} = 20 \times 10000 \text{ ବର୍ଗ ସେ ମି.}$$

ଗାଡ଼ିଟି ଭୂସମାନ୍ତର ଦିଗରେ ଗତିକରୁଥିବାରୁ ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡଟି ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଂଶକୁ ଅତିକ୍ରମ କରେ । ସୁତରାଂ ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ଲ ବ.

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = V\frac{dA}{dt} = 0.4 \times 20 \times 10000 \text{ ବି.ଚୁ.ଏ.}$$

$$= 0.8 \times 10^{+5} = 8 \times 10^{4} \text{ ବି. ଚୁ. ଏ.}$$

$$= 8 \times 10^{4} \times 10^{-8} \text{ ଭୋଲ୍ଟ} = 8 \times 10^{-4} \text{ ଭୋଲ୍ଟ} \qquad \text{(ଉତ୍ତର)}$$

18·9 ସ୍ୱ-ପ୍ରେରଣ (Self induction) :

କୌଣସି କୁଣ୍ଡଳୀ ବା ପରିବାହୀ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ (Magnetic flux) ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲେ ପରିବାହୀରେ ଏକ ବି. ଗ୍ଲ. ବ. ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ।

କୌଣସି ପରିବାହୀରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାହା ନିକଟରେ ଏକ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ ଏକ ସ୍ୱବିଦ୍ୟମାନ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ ସହିତ ସର୍ବଦା ସମ୍ପୃକ୍ତ । ପରିବାହୀରେ ଯଦି ପରିବର୍ତ୍ତୀ ବା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଏହି ପ୍ରବାହ ସହିତ ସମ୍ପୃକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ ମଧ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ଓ ତାହା ସେହି ପରିବାହୀ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ହୋଇ ସେଥିରେ ଏକ ବି. ଗ୍ଲ ବ. ପ୍ରେରଣ କରେ । ଏହି ବି. ଗ୍ଲ ବ. ର ମାନ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ପ୍ରବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ସହିତ ସମାନ ଓ ତାହା ପରିବାହୀରେ ପ୍ରବାହକାରୀ ବି. ଗ୍ଲ. ବ ର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଗାଣିତିକ ଭାବରେ –

$$\text{ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ଲ ବ. } e = -\frac{d\phi}{dt}$$

ସୁତରାଂ **କୌଣସି ପରିବାହୀରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେବା ସମୟରେ ତାହା ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ-ଦ୍ୱାରା ସେହି ପରିବାହୀରେ ଯେଉଁ ବି. ଗ୍ଲ. ବ. ପ୍ରେରିତ ହୁଏ, ସେହି ଘଟନାକୁ 'ସ୍ୱ-ପ୍ରେରଣ' କୁହାଯାଏ ।**

ସ୍ୱପ୍ରେରଣ ଥିବା ପରିବାହୀ ବା କୁଣ୍ଡଳୀକୁ 'ପ୍ରେରକ' (Inductor)କୁହାଯାଏ ।

18·10 ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ (Self-Inductance) :

(i) ଯଦି ପରିବାହୀରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i ଓ ତାହା ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ପ୍ରବାହ ϕ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ—

$$\phi \propto i = Li \qquad \cdots \qquad .... \qquad \cdots \qquad (18{\cdot}4)$$

ଏଠାରେ L ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଓ ତାହାକୁ ପରିବାହୀର **ସ୍ୱ ପ୍ରେରକତ୍ୱ** (Self Inductance) କୁହାଯାଏ ।

ଯଦି $i = 1$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ $L = \phi$

ସୁତରାଂ **କୌଣସି ପରିବାହୀରେ ଏକକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପ୍ରବାହିତ ହେବାବେଳେ ତାହା ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ପ୍ରବାହକୁ ସେହି ପରିବାହୀର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ କୁହାଯାଏ ।**

(ii) ପରିବାହୀର ϕ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲେ, ପ୍ରେରିତ ବି. ଚା. ବ.

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -L\frac{di}{dt} \qquad \cdots \qquad \cdots (18{\cdot}5)$$

ଯଦି $\frac{di}{dt} = 1$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ $L = e$;

[ବିଯୁକ୍ତ ଚିହ୍ନକୁ ଉପେକ୍ଷା କର]

ସୁତରାଂ **କୌଣସି ପରିବାହୀରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର ଏକକ ହେଲେ ପରିବାହୀରେ ପ୍ରେରିତ ବି· ଚା· ବ· କୁ ସେହି ପରିବାହୀର ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ କୁହାଯାଏ ।** ଏହା ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱର ଦ୍ୱିତୀୟ ସଂଜ୍ଞା ।

(iii) ପ୍ରେରିତ ବି. ଚା. ବ.ର ଦିଗ ମୂଳ ବି. ଚା. ବ.ର ବିପରୀତ । ତେଣୁ ପରିବାହୀରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବଜାୟ ରଖିବା ପାଇଁ ମୂଳ ବି. ଚା. ବ.କୁ ପ୍ରେରିତ ବି. ଚା. ବ ବିରୁଦ୍ଧରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାକୁ ହୁଏ । ଯଦି ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i ହୁଏ ତାହାହେଲେ dt ସମୟରେ ଏହି କାର୍ଯ୍ୟର ପରିମାଣ—

$$= -e\,i\,dt$$

$$= Li\frac{di}{dt} \times dt$$

ଯଦି t ସମୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସର୍ବାଧିକ i_0 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ସେଥିପାଇଁ ଯେଉଁ କାର୍ଯ୍ୟ କରଯାଏ, ତାହାର ପରମାଣ

$$= \int_0^t L\, i \frac{di}{dt} \times dt = \int_0^{i_0} Li\, di = \tfrac{1}{2}\, Li_0^2 \cdot \qquad \cdots(18\cdot6)$$

ସମୀକରଣ (18·6) ସାହାଯ୍ୟରେ ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱର ତୁତୀୟ ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରଯାଇପାରେ ।

$$L = 2 \times \frac{\text{କାର୍ଯ୍ୟ}}{i_0^2}$$

ଯଦି $i_0 = 1$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ $L = 2 \times$ କାର୍ଯ୍ୟ

ସୁତରାଂ **କୌଣସି ପରିବାହୀର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ସେହି ପରିବାହୀର ଏକକ ପ୍ରବାହ ସହିତ ସମ୍ପୃକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହର ପ୍ରତିଷ୍ଠା ପାଇଁ କରଯାଉଥିବା କାର୍ଯ୍ୟର ଦ୍ୱିଗୁଣ ।**

ଯଦ ମାଧ୍ୟମର ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା (Permeability) ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଉପରୋକ୍ତ ତନଗୋଟି ସଂଜ୍ଞା ଅନୁଯାୟୀ କୌଣସି ପ୍ରେରକର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱର ମାନ ସମାନ ହେବ । କନ୍ତୁ ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଯଦ ପରବର୍ତ୍ତୀ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ଉପରୋକ୍ତ ତନଗୋଟି ସଂଜ୍ଞା ଅନୁଯାୟୀ କୌଣସି ପ୍ରେରକର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱର ମାନ ସମାନ କମ୍ବା ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ହେବନାହିଁ ।

ପରବାହୀ ସଳଖ ହେଉ ବା କୁଣ୍ଡଳୀ ଆକାର ହେଉ ତାହାର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ଥାଏ । କନ୍ତୁ ଗୋଟିଏ ସଳଖ ପରବାହୀର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ସେହି ପରବାହୀରେ ତଆର ହୋଇଥିବା ସଲେନଏଡ୍‌ର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱଠାରୁ ଖୁବ୍ କମ୍ । କୌଣସି କୁଣ୍ଡଳୀର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ତାହାର ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ, ଆକାର, ଘେରସଂଖ୍ୟା ଓ ତାହା ଯେପର ଗୁଡ଼ା ହୋଇଥାଏ ତାହା ଉପରେ ନର୍ଭର କରେ । ଗୋଟିଏ ବାୟୁ ଅନ୍ତରଯୁକ୍ତ କୁଣ୍ଡଳୀର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ଯାହା ହୁଏ କୁଣ୍ଡଳୀଟି μ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ବଶିଷ୍ଟ ଲୁହା ଅନ୍ତରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ତାହାର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ μ ଗୁଣ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ମାନକରୋଧ ବାକ୍ସ, ରୋଧ ତାପମାନଯନ୍ତ୍ର (Resitance thermometer) ଇତ୍ୟାଦରେ ବ୍ୟବହୃତ ରୋଧଯୁକ୍ତ ତାରକୁ ସ୍ୱପ୍ରେରଣ ଶୂନ୍ୟ କରବା ପାଇଁ ତାହାକୁ ସାଧାରଣତଃ ଦୁଇ ପରସ୍ତ ବା ଦ୍ୱିଗୁଣ କର ଗୁଡ଼ାଯାଇଥାଏ ।

18·11 ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱର ଏକକ (Unit of self-inductance) :

(1) ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱର ପରମ ଏକକ (Absolute unit of self-inductance) ।

ପ୍ରେରିତ e ଓ i ବି. ଚୁ. ଏ.ରେ ପ୍ରକାଶିତ ହେଲେ L ମଧ୍ୟ ସେହି ବି. ଚୁ. ଏ ରେ ପ୍ରକାଶିତ ହୁଏ । **କୌଣସି ପ୍ରେରକ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ଏକ ବି. ଚୁ. ଏ. ହେବାବେଳେ ସେଥିରେ ଯଦି ଏକ ବି. ଚୁ. ଏ. ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚାଳକ ବଳ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ପ୍ରେରକର ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏକ ବି. ଚୁ. ଏ. ହୁଏ ।**

(2) ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱର ବ୍ୟାବହାରିକ ଏକକ (Practical unit of self inductance) :—ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱର ବ୍ୟାବହାରିକ ଏକକ ଏକ **'ହେନରୀ'** (Henry) ଅଟେ ।

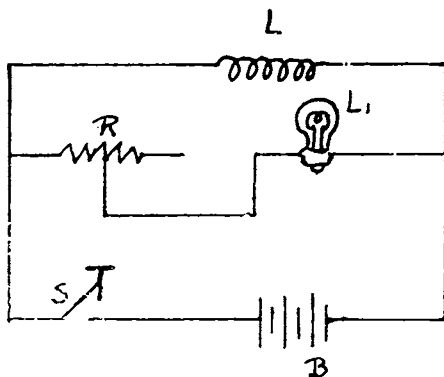
ଯଦି **ପ୍ରେରକ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ଏକ ଏମ୍ପିୟର୍ ହୁଏ ଓ ଫଳରେ ସେହି ପ୍ରେରକ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଭୋଲ୍ଟ ବି: ଚା: ବ: ପ୍ରେରିତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ପ୍ରେରକର ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏକ 'ହେନ୍‌ରୀ'** ହେବ । ଏହାକୁ ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱର ମି: କି: ସେ: (MKS) ଏକକ ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।

ଏକ ହେନରୀ $= 10^9$ ବି: ଚୁ: ଏ:

18·12 ସ୍ୱ-ପ୍ରେରଣ ପ୍ରଦର୍ଶନ (Demonstration of self-induction) :-

ବ୍ୟାଟେରୀ B ସହିତ (ଚିତ୍ର ନଂ 18·5) ଗୋଟିଏ ବହୁ ବେଷ୍ଟ ବିଶିଷ୍ଟ ସଲେନଏଡ୍ (ପ୍ରେରକ) **L** ଓ ଗୋଟିଏ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଦୀପ ସମାନ୍ତରରେ ଲଗାଯାଉ । ପ୍ରଥମେ ସୁଇଚ୍ S ସଂଯୋଗ କରି ଓ Rର ମାନ ଉପଯୁକ୍ତ କରି ଦୀପଟି ଯେପରି ଠିକ୍ (Just) ଉଦ୍ଭାସିତ ହୁଏ ତାହାର ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଏ । ଏହାପରେ ସୁଇଚ୍‌ର ସଂଯୋଗ ଛିନ୍ନ କଲେ ଦୀପର ଦୀପ୍ତି ହଠାତ୍ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ହୁଏ । ଯଦି ସଲେନଏଡ୍ ମଧ୍ୟରେ ଲୁହାର ଏକ ଅନ୍ତର ଥାଏ ତାହାହେଲେ

ଏହି ଦୀପ୍ତି ଆହୁରି ଅଧିକ ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ଏହି ଉଜ୍ଜ୍ୱଳତା ହ୍ରାସପାଇଁ ତାହାର ପୂର୍ବ ଅବସ୍ଥାକୁ ଫେରିଆସେ । ସଂଯୋଗ ଛିନ୍ନ କରିବାବେଳେ ପ୍ରେରକ L ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବିପରୀତ ବି. ଗ୍ଯ. ବ. ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଓ ତାହା ମୂଳ ବି. ଗ୍ଯ. ବ.କୁ ପ୍ରତିରୋଧ କରୁଥିବାରୁ ବ୍ୟାଟେରୀ ବି. ଗ୍ଯ. ବ.ର ଅଧିକାଂଶ ଦୀପ ପରିପଥରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ସେଥିପାଇଁ ଦୀପ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହ ମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିପାଏ ଓ ଦୀପର ଦୀପ୍ତି ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ହୁଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 18.5)

ସୁଇଚ୍ ସଂଯୋଗ କରିବାବେଳେ ମଧ୍ୟ ଦୀପର ଦୀପ୍ତି ଉଜ୍ଜ୍ୱଳ ହୁଏ କିନ୍ତୁ ସୁଇଚ୍ ସଂଯୋଗ ସମୟର ଉଜ୍ଜ୍ୱଳତାଠାରୁ ଏହା କମ୍ ହୁଏ, କାରଣ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ପ୍ରବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ସୁଇଚ୍ ଛିନ୍ନ କରିବା ସମୟ ଅପେକ୍ଷା ସୁଇଚ୍ ସଂଯୋଗ ସମୟରେ କମ୍ ।

18.13 ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱର ଭୌତିକ ତାତ୍ପର୍ଯ୍ୟ (Physical significance of self-inductance) :

ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଗତିରେ (Mechanical motion) ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବା ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣର (Moment of inertia) ଭୂମିକା ସହିତ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥରେ ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱର ଭୂମିକାକୁ ତୁଳନା କରାଯାଇପାରେ ।

ବସ୍ତୁର ବସ୍ତୁତ୍ୱ ବା ଜଡ଼ତ୍ୱ ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଗତି ଆରମ୍ଭରେ ତାହାକୁ ମନ୍ଥର କରେ ଓ ଗତି ବନ୍ଦ ହେବାବେଳେ ତାହାକୁ ବାଧା ଦିଏ । ଠିକ ସେହିପରି ପ୍ରେରକର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱର ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହ ଆରମ୍ଭ ବେଳେ ମୂଳ ବି: ଗ୍ଯ: ବ: ର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଏକ ବି: ଗ୍ଯ: ବ: ପ୍ରେରଣ କରେ ଓ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହ ବୃଦ୍ଧିକୁ ମନ୍ଥର କରେ ଏବଂ ପ୍ରବାହ ବନ୍ଦ ହେବାବେଳେ ମୂଳ ବି. ଗ୍ଯ. ବ. ର ସମାନ ଦିଗରେ ଏକ ବି. ଗ୍ଯ. ବ. ପ୍ରେରଣ କରେ ଓ ପ୍ରବାହର ହ୍ରାସକୁ ମନ୍ଥର କରେ । ରୈଖିକ ଗତିର (Linear motion) ଗତିଶକ୍ତି $\frac{1}{2}mv^2$ ବା କୋଣୀୟ ଗତିର $\frac{1}{2}I\omega^2$ ସହିତ ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ସହିତ ସମ୍ପୃକ୍ତ ଶକ୍ତି $\frac{1}{2}Li_0^2$ ତୁଳନୀୟ ।

18·14 ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

ଯଦି ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ପ୍ରେରକର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ସେମାନଙ୍କର ଜ୍ୟାମିତିକ ପ୍ରାଚଳ (Geometrical Parameters) ସାହାଯ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

(1) **ବୃତ୍ତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀର ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ** (Self-inductance of a circular coil) :—ମନେକର N ଘେରାବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $=a$ ଓ ସେଥିରେ i ବି. ଚୁ. ଏ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପ୍ରବାହିତ ହେଉଅଛି ।

କୁଣ୍ଡଳୀର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା—

$$F=\frac{2\pi Ni}{a}$$

ଯଦି ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା μ ହୁଏ, ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହର ସାନ୍ଦ୍ରତା

$$\begin{pmatrix}\text{Flux}\\ \text{density}\end{pmatrix}=\mu F$$

ସୁତରାଂ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ—

$$\phi=\pi a^2 N\mu F=2\pi^2 N^2 a\mu i$$

∴ ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ଟ. ବ.

$$e=-\frac{d\phi}{dt}=-\frac{d}{dt}(2\pi^2 N^2 a\mu i)$$

$$=-2\pi^2 N^2 a\mu\frac{di}{dt} \text{ ବି. ଚୁ. ଏ.},$$

(ଯଦି $\mu=$ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ) ... ... (i)

କିନ୍ତୁ, $e=-L\dfrac{di}{dt}$ ବି. ଚୁ. ଏ. ; ... ... (ii)

∴ ସମୀକରଣ (i) ଓ (ii) ସାହାଯ୍ୟରେ କୁଣ୍ଡଳୀର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ

$L=2\pi^2 N^2 a\mu$ ବି. ଚୁ. ଏ.

$=2\pi^2 N^2 a\mu\times 10^{-9}$ ହେନରି ... ... (18·7)

ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମରେ $\mu = 1$,

$$\therefore \; L = 2\pi^2 N^2 a \times 10^{-9} \text{ ହେନରି} \quad \cdots \quad \cdots \quad (18.8)$$

(2) **ସଲେନଏଡ୍‌ର ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ** (Self-inductance of a solenoid) :—ଯଦି ଗୋଟିଏ ସଲେନଏଡ୍‌ର ମୋଟ ଘେରସଂଖ୍ୟା N, ଦୈର୍ଘ୍ୟ l ଓ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ a ହୁଏ ଏବଂ ସେଥିରେ i ବି. ଚୁ. ଏ. ପ୍ରବାହମାନ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତାହାର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଭାଗରେ ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା (ବାୟୁ ମାଧ୍ୟମରେ)

$$F = \frac{4\pi Ni}{l} \text{ ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍}$$

= ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହର ସାନ୍ଦ୍ରତା (Flux density)

∴ ସଲେନଏଡ୍‌ର N ଘେର ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ—

$$\phi = \frac{4\pi Ni}{l} \times \pi a^2 \times N$$

ପ୍ରେରିତ ବି. ଚୁ. ବ. $e = -$

$$\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt}\left(\frac{4\pi Ni \times \pi a^2 N}{l}\right)$$

$$= -\frac{4\pi^2 N^2 a^2}{l} \times \frac{di}{dt} \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots \quad \text{(i)}$$

କିନ୍ତୁ $e = -L\dfrac{di}{dt}$ $\quad \cdots \quad \cdots \quad$ (ii)

∴ ସମୀକରଣ (i) ଓ (ii) ସାହାଯ୍ୟରେ ସଲେନଏଡ୍‌ର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ

$$L = \frac{4\pi^2 N^2 a^2}{l} \text{ ବି ଚୁ ଏ.}$$

$$= \frac{4\pi^2 N^2 a^2}{l} \times 10^{-9} \text{ ହେନରି} \quad \cdots \quad \cdots \quad (18.9)$$

ଯଦି ସଲେନଏଡ୍‌ର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟରେ n ସଂଖ୍ୟକ ଘେର ଥାଏ, ତାହାହେଲେ $N = nl$ ।

$$\therefore \; L = 4\pi^2 n^2 l a^2 \times 10^{-9} \text{ ହେନରି} \quad \cdots \quad \cdots \quad (18.10)$$

(i) ସଲେନଏଡ୍ ମଧ୍ୟରେ ତାହାର ସମାନ . ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଓ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ ଏବଂ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା μ ବିଶିଷ୍ଟ ଖଣ୍ଡିଏ ନରମ ଲୁହାର ଅନ୍ତର (Core) ସ୍ଥାପନ କଲେ—

$$L=\frac{4\pi^2 N^2 a^2 \mu}{l}\times 10^{-9} \text{ ହେନ୍‌ରି}$$

$$=4\pi^2 n^2 l a^2 \mu \times 10^{-9} \text{ ହେନ୍‌ରି} \quad \ldots\ldots \quad \ldots\ldots \quad (18\cdot11)$$

(ii) ଯଦି ନରମ ଲୁହାର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ a_1 ହୁଏ ଓ $a_1 < a$ ତାହାହେଲେ

$$L=\left[\frac{4\pi N^2}{l}(\pi a^2-\pi a_1^2)+\frac{4\pi N^2}{l}\times \pi a_1^2\mu\right]\times 10^{-9}$$

ହେନରି

$$=\frac{4\pi^2 N^2}{l}\left[a^2+a_1^2(\mu-1)\right]\times 10^{-9} \text{ ହେନରି}$$

$$=4\pi^2 n^2 l\,[a^2+a_1^2(\mu-1)]\times 10^{-9} \text{ ହେନରି} \quad \ldots\ldots \quad (18\cdot12)$$

(3) ଲୁହା ଅନ୍ତରଯୁକ୍ତ ପ୍ରାନ୍ତହୀନ ସଲେନଏଡ୍‌ର (ଟରଇଡ୍ - Toroid) ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ (Self-induction of a toroid) :—ଯଦି ଟରଇଡ୍‌ର ମାଧ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ R, ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପ୍ରତି ଘେରି ସଂଖ୍ୟା n (ମୋଟ ଘେରି ସଂଖ୍ୟା $=2\pi Rn$) ଓ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ A ହୁଏ ଏବଂ ସେଥିରେ i ବି. ଚୁ. ଏ. ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଟରଇଡ୍‌ର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଭାଗରେ ତାହାର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$F=\frac{4\pi Ni}{l}=\frac{4\pi Ni}{2\pi R}=4\pi ni$$

ମନେକର ଲୁହା ଅନ୍ତରର (Core) ପ୍ରବେଶ୍ୟତା $=\mu$

ସୁତରାଂ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହର ସାନ୍ଦ୍ରତା $=\mu F$

ଏକ ଘେରି ସହିତ ସଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ $=\mu FA$

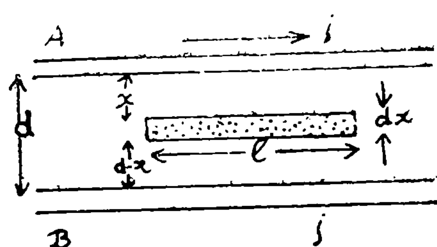
ଟରଇଡ୍‌ର N ଘେରି ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ବଳ ପ୍ରବାହ $\phi=\mu FAN$

$$\therefore\ \phi=\mu 4\pi ni\times AN$$
$$=4\pi\mu ni\,A\times 2\pi Rn$$
$$=8\pi^2 n^2\mu ARi$$
$$=8\pi^2 n^2\mu AR$$

$\therefore$ ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ $L = \frac{\phi}{i} = 8\pi^2 n^2 \mu AR$ ବି. ଚୁ. ଏ.

$= 8\pi^2 n^2 \mu AR \times 10^{-9}$ ହେନରି ... ... (18·13)

(4) ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତରାଳ ତାରର ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ (Self-inductance of two parallel cables) :—ମନେକର ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତରାଳ ତାର (Cable) A ଓ B (ଚିତ୍ର ନଂ 18·6) ପରସ୍ପରଠାରୁ d ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏବଂ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i (ବି ଚୁ. ଏ.) A ମଧ୍ୟଦେଇ ଅଗ୍ରଗାମୀ (Lead) ହୁଏ ଓ B ମଧ୍ୟଦେଇ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତନ (Return) କରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·6)

ମନେକର ପ୍ରତ୍ୟେକ ତାରର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ $= r$

ଯଦି A ଯୋଗୁ ତାହାଠାରୁ x ଦୂରତ୍ୱରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ବିନ୍ଦୁରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା F_1 ହୁଏ ଓ B ଯୋଗୁ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ [B ଠାରୁ ଦୂରତ୍ୱ $= (d-x)$] ତୀବ୍ରତା F_2 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ସେହି ବିନ୍ଦୁରେ ମୋଟ ତୀବ୍ରତା $F = F_1 + F_2$

$$= \frac{2i}{x} + \frac{2i}{(d-x)} = 2i\left[\frac{1}{x} + \frac{1}{(d-x)}\right]$$

($\because$ ଉଭୟ ତୀବ୍ରତାର ଦିଗ ସମାନ)

ଯଦି ତାର A ଠାରୁ x ଦୂରତ୍ୱରେ ଦୈର୍ଘ୍ୟ l ପ୍ରସ୍ଥ dx (ଅତି କ୍ଷୁଦ୍ର) ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଆୟତାକାର କ୍ଷେତ୍ର (ବିନ୍ଦୁ ଚିହ୍ନିତ) ବିଚାର କରାଯାଏ, ତାହାହେଲେ ସେହି କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଉଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ ପ୍ରବାହ

$$d\phi = Fldx = 2i\left[\frac{1}{x} + \frac{1}{(d-x)}\right] ldx$$

$$\therefore \ \phi = \int_0^{\phi} d\phi = 2il\int_r^{d-r}\left[\frac{1}{x} + \frac{1}{d-x}\right]dx$$

$$= 2li\Big[\log_e x - \log(d-x)\Big]_r^{d-r}$$

$$= 4li \log_e \frac{d-r}{r}$$

ସୁତରାଂ ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ

$$L = \frac{\phi}{i} = 4l \log_e \frac{d-r}{r} \quad \cdots \quad (18{\cdot}14)$$

ଏବଂ ତାରର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟ ପାଇଁ

$$L = 4 \log_e \frac{d-r}{r} \text{ ବି.ଚ.ଏ.} \quad \cdots \quad (18{\cdot}15)$$

ତାରଦ୍ୱୟ ଯଦି ରୋଧିତ ହୋଇଥାଏ ଓ ପରସ୍ପର ସହିତ ଲଗି ରହିଥାଏ, ତାହାହେଲେ $d=2r$, କମ୍ବା $(d-r)=r$

ଏବଂ ଏଠାରେ

$$L = 4l \log_e \frac{d-r}{r} = 4l \log_e 1 = 0$$

ତେଣୁ କୌଣସି ଗୋଟିଏ ରୋଧିତ ତାରକୁ ଯଦି ଦୁଇ ପରସ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ସେହି ଦୁଇ ପରସ୍ତ ପରସ୍ପରକୁ ସ୍ପର୍ଶ କରୁଥାଏ ତାହାହେଲେ ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ତାର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାରର ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ । ଏହି କାରଣରୁ ରୋଧ ବାକ୍ସ ତିଆରି କରିବାବେଳେ ସେଥିରେ ବ୍ୟବହୃତ ରୋଧଯୁକ୍ତ ତାରକୁ ସ୍ୱପ୍ରେରଣଶୂନ୍ୟ କରିବା ପାଇଁ ତାହାକୁ ଦୁଇ ପରସ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ ।

ଉଦାହରଣ (1) :—ଗୋଟିଏ ସଲେନଏଡ୍‌ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 16 ସେ. ମି., ଘେରସଂଖ୍ୟା 200 ଓ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 4 ସେ. ମି. । ଏହି ସଲେନଏଡ୍‌ର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$$L = \frac{4\pi^2 N^2 a^2}{l} \times 10^{-9} \text{ ହେନରି}$$

$$= \frac{4\pi^2 \times 200^2 \times 4^2}{16} \times 10^{-9} \text{ ହେନରି}$$

$$= \frac{4 \times 3{\cdot}14 \times 3{\cdot}14 \times 200 \times 200 \times 16}{16} \times 10^{-6} \text{ ହେନରୀ}$$

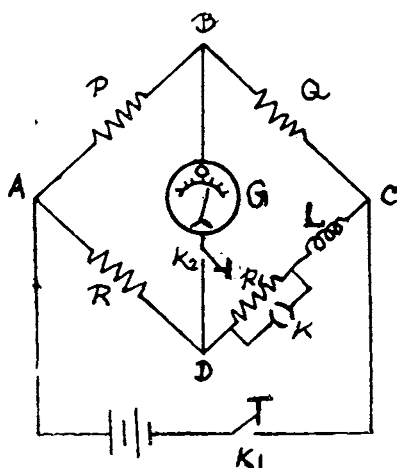
$$= 394{\cdot}5 \times 10^{-6} \text{ ହେନରୀ}$$

$= 394{\cdot}5$ ମାଇକ୍ରୋ ହେନରୀ .... (ଉତ୍ତର)

18·15 ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ ମାପନ
(Measurement of Self-inductance) :

କୌଣସି କୁଣ୍ଡଳୀର ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ ବ୍ରିଜ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ନିମ୍ନଲିଖିତ ରୀତି (ଲର୍ଡ଼ 'ରାଲେ'ଙ୍କ ରୀତି) ଅବଲମ୍ବନ କରି ମାପ କରାଯାଇପାରେ । ଏହି ପରୀକ୍ଷା ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ ବ୍ରିଜ୍ ପରିପଥର ସଂଯୋଗ ରୀତି ଚିତ୍ର ନଂ 18·7ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ।

ମନେକର କୁଣ୍ଡଳୀର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ L ଓ ତାହା ବ୍ରିଜ୍‌ର (ଚିତ୍ର ନଂ 18·7) *DC* ବାହୁରେ ଥିବା ରୋଧ R_1 ସହିତ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ । ଏହି ରୋଧ R_1ର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଚାବି *K*କୁ ବନ୍ଦ କଲେ DC ବାହୁରେ କେବଳ *L* ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ହୁଏ । ବ୍ରିଜ୍‌ର *B* ଓ *D* ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର *G* ଏବଂ *A* ଓ *C* ବିନ୍ଦୁ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବ୍ୟାଟେରୀ ସଂଯୁକ୍ତ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·7)

ଚାବି K ବନ୍ଦ ଥିବାବେଳେ ପ୍ରଥମେ K_1 ବନ୍ଦ କରି ପରିପଥରେ ଏକ ଅପରିବର୍ତ୍ତନୀୟ (Steady) ପ୍ରବାହ ପଠାଯାଏ ଓ ତାହା ପରେ K_2 ବନ୍ଦକରି ରୋଧ *P*, *Q*, *R* ସାହାଯ୍ୟରେ ବ୍ରିଜ୍‌ଟିକୁ ସମତୁଳନ (Balance) କରାଯାଏ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯଦି ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ଚାବି K_2 ପ୍ରଥମେ ବନ୍ଦ କରାଯାଏ ଓ ତାହାପରେ ଚାବି K_1 ବନ୍ଦ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରରେ ଏକ ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ କାରଣ ଏଠାରେ *DC* ବାହୁରେ କୁଣ୍ଡଳୀ Lରେ ଏକ ଅତିରିକ୍ତ ବି. ଚା. ବ.

ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । [ଯଦି ବ୍ରିଜ୍‌ର ସମତୁଳନ ଅବସ୍ଥାରେ DC ବାହୁରେ i ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥାଏ ତ ହାହେଲେ ଏହି ବି. ଗ୍ର. ବ. $e = -L\frac{di}{dt}$] ଓ ତାହା ବ୍ରିଜ୍‌ର ପ୍ରତ୍ୟେକ ବାହୁରେ ଆନୁପାତିକ ପ୍ରବାହ ପଠାଏ । ମନେକର ଏହି ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ର. ବ. ଯୋଗୁ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ଅତିରିକ୍ତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $= \beta e$ । ଏଠାରେ β ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ।

ତେଣୁ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ତାତ୍କାଳିକ (Instantaneous) ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $= \beta L \frac{di}{dt}$

ଅତଏବ DC ବାହୁରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଶୂନ୍ୟମାନରୁ ବୃଦ୍ଧିପାଇ ସର୍ବାଧିକ i_o ହେବାବେଳେ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ମୋଟ ଚାର୍ଜ—

$$= \int_0^t \beta L \frac{di}{dt} dt = \beta L \int_0^{i_o} di \; ; \; (\text{ଯଦି } L = \text{ଧ୍ରୁବାଙ୍କ})$$

$$= \beta L \; i_o$$

ପ୍ରକ୍ଷେପ-ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟରଟି ଯଦି ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରକାର ହୋଇଥାଏ ଏବଂ ତାହାର ବିକ୍ଷେପ θ ଓ ଲଗାରିଥ୍‌ମୀୟ ହ୍ରାସ λ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$\text{ଚାର୍ଜ } \beta L i_o = \frac{C}{nAH} \times \frac{T}{2\pi} \times \theta\left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$$

$$\therefore \quad L = \frac{C}{\beta i_o nAH} \times \frac{T}{2\pi} \times \theta\left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \ldots \qquad \ldots (18{\cdot}16)$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯଦି ଚାବି K ଖୋଲିଦିଆଯାଏ, ତାହାହେଲେ L ସହିତ ରୋଧ R_1 ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ହୋଇଯାଏ ଏବଂ R_1ର ମାନ ଖୁବ୍ କମ୍ (ସାଧାରଣତଃ ·001, ·01 ବା ·1 ଓମ୍) ହୋଇଥିବାରୁ ଏହାଦ୍ୱାରା DCରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i_o ବିଶେଷ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ନାହିଁ; କିନ୍ତୁ ସେଥିରେ ଏକ ଅତିରିକ୍ତ ବିପରୀତ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚାଳକ ବଳ ri_o କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଯଦି ପ୍ରଥମେ ଚାବି K_1 ଓ ପରେ ଚାବି K_2 ବନ୍ଦ କରାଯାଏ, ତାହାହେଲେ ଏହି ବି.ଗ୍ର.ବ. ri_o ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପଠାଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା

ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ରେ ଏକ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ (Steady) ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ । ମନେକର ଏହି ବିକ୍ଷେପ = θ_1 ।

$$\therefore \text{ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା } \beta i_o r = \frac{C}{nAH} \times \theta_1$$

$$\text{କିମ୍ବା } \frac{\beta i_o nAH}{C} = \frac{\theta_1}{r}$$

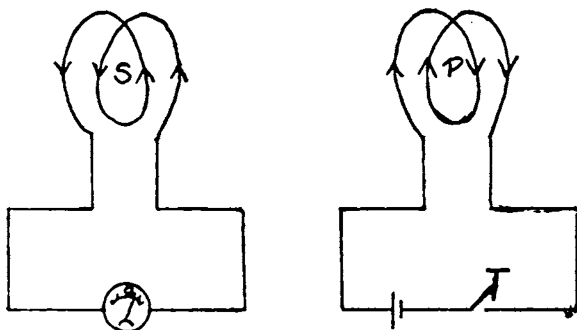
∴ ସମୀକରଣ (18·16)ରେ ଏହି ମାନ ବସାଇ

$$L = \frac{r}{\theta_1} \times \frac{T}{2\pi} \times \theta\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

$$= \frac{rT}{2\pi} \times \frac{\theta}{\theta_1} \times \left(1+\frac{\lambda}{2}\right) \cdots \qquad \text{.... (18·17)}$$

ସୁତରାଂ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ଆବର୍ତ୍ତିକାଳ T, ପ୍ରଥମ ବିକ୍ଷେପ θ, ଲଗାରିଥ୍‌ମୀୟ ହ୍ରାସ λ ଓ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ବିକ୍ଷେପ θ_1 ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି L ମାପ କରାଯାଇ-ପାରେ ।

18·16 ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣ (Mutual induction) :



(ଚିତ୍ର ନଂ 18 8)

ଦୁଇଟି ସମୀପବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିକରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେବା ଫଳରେ ତା'ଦ୍ୱାରା ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହର (Flux) ଯେଉଁ ପରିବର୍ତ୍ତନ ହୁଏ,

ତାହା ଅନ୍ୟ ପରିପଥ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ହୋଇ ସେଥିରେ ଏକ ବି: ଗ୍ର: ବ: ପ୍ରେରଣ କରେ ଓ ଏହି ଘଟଣାକୁ **"ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣ"** କୁହାଯାଏ ।

P ଓ S ଦୁଇଟି ସମୀପବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥ (ଚିତ୍ର ନଂ18·8) । ଏଠାରେ P ଏକ ବ୍ୟାଟେରି ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ତାହାକୁ ମୁଖ୍ୟ ପରିପଥ (Primary circuit) କୁହାଯାଏ ଏବଂ S ଏକ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ଓ ତାହାକୁ ଗୌଣ ପରିପଥ (Secondary circuit) କୁହାଯାଏ । ମୁଖ୍ୟ ପରିପଥ Pରେ ବିଦ୍ୟୁତ ପ୍ରବାହ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲେ ଗୌଣ ପରିପଥ Sରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରଣ ଫଳରେ ଏକ ବି: ଗ୍ର: ବ: ତଥା ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ଏହି ବି: ଗ୍ର: ବ:ର (ବା ପ୍ରବାହର) ଦିଗ Pର ବି: ଗ୍ର: ବ:ର ବିପରୀତ । ଏଠାରେ ଦୁଇ ପରିପଥ **ପ୍ରେରଣାତ୍ମକ ଭାବରେ ଯୁଗ୍ମିତ** (Inductively coupled) ହୋଇଥିବାର କୁହାଯାଏ ।

18.17 ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ (Mutual inductance) :

(i) ଯଦି ମୁଖ୍ୟ ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ତାହା-ଫଳରେ ଗୌଣ ପରିପଥ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ ϕ ହୁଏ ତାହା ହେଲେ

$$\phi \propto i$$

କିମ୍ବା $\phi = Mi$ ··· ··· ··· (18·18)

ଏଠାରେ M ଏକ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଓ ତାହାକୁ **ପାରସ୍ପାରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ** କୁହାଯାଏ ।

ଯଦି $i = 1, M = \phi$

ସୁତରାଂ ମୁଖ୍ୟ ପରିପଥରେ ଏକକ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେବାବେଳେ ଗୌଣ ପରିପଥ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହକୁ ଦୁଇ ପରିପଥ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପାରିକ ପେରକତ୍ୱ କୁହାଯାଏ ।

(ii) ମୁଖ୍ୟ ପରିପଥର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲେ ଗୌଣ ପରିପଥରେ ଏକ ବି. ଗ୍ର. ବ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଓ ଏହି ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ର ବ.

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(Mi)$$

$$= -M\frac{di}{dt} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots (18\cdot19)$$

ଯଦି $\frac{di}{dt}=1$, $M=e$; (ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାଳକ ଉତ୍ପନ୍ନ କରେ)

ସୁତରାଂ **ମୁଖ୍ୟ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପରିବର୍ତ୍ତନର ହାର ଏକକ ହେଲେ ଗୌଣ ପରିପଥରେ ଯେଉଁ ବି ଶ୍ଚୁ. ବ. ପ୍ରେରିତ ହୁଏ, ତାହାକୁ ଉଭୟ ପରିପଥ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ କୁହାଯାଏ ।** ଏହା ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ଦ୍ୱିତୀୟ ସଂଜ୍ଞା ।

(iii) ଯଦି ଦୁଇଟି ସମୀପବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ M ହୁଏ ଏବଂ ମୁଖ୍ୟ ଓ ଗୌଣ ପରିପଥରେ ଯଥାକ୍ରମେ i_1 ଓ i_2 ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଉଭୟ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ବିଭବଶକ୍ତି$=Mi_1i_2$ । ଏହି ସୂତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ତୃତୀୟ ସଂଜ୍ଞା ନିରୂପଣ କରାଯାଏ ।

ଅତଏବ **ମୁଖ୍ୟ ଓ ଗୌଣ ପ୍ରତ୍ୟେକ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଏକକ ହେଲେ ଉଭୟ ପରିପଥ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବ ଶକ୍ତିକୁ** (Potential energy) **ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ କୁହାଯାଏ ।**

18·18 ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ଏକକ :

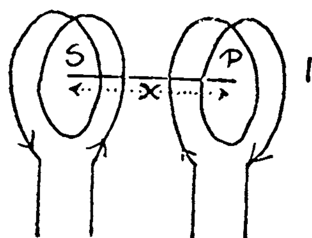
(i) **ବି: ଚୁ: ଏ: ଏକକ :**— କୌଣସି ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ଏକ ବି: ଚୁ: ଏ: ହେବାଦ୍ୱାରା ଯଦି ତାହାର ସମୀପବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥରେ ଏକ ବି: ଚୁ: ଏ: ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାଳକ ବଳ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଦୁଇ ପରିପଥ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏକ ବି: ଚୁ: ଏ: ହୁଏ ।

(ii) **ବ୍ୟାବହାରିକ ଏକକ :**— ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ବ୍ୟାବହାରିକ ଏକକ ଏକ **ହେନରୀ** (Henry) ଅଟେ । **କୌଣସି ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ ଏକ ଏମ୍ପିୟର୍ ହେଲେ ସମୀପବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥରେ ଯଦି ଏକ ଭୋଲଟ ବି: ଚୁ: ବ: ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଉଭୟ ପରିପଥ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଏକ ହେନରୀ ହୁଏ ।**

ଏକ ହେନରୀ$=10^9$ ବି. ଚୁ. ଏ.

18·19 ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ :

(1) ଦୁଇଟି ସଦୃଶ, ସମାକ୍ଷୀୟ କୁଣ୍ଡଳୀର ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ :—



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·9)

P ଓ S ଦୁଇଟି (ଚିତ୍ର ନଂ 18·9) ସଦୃଶ ଓ ସମାକ୍ଷୀୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ଓ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତ୍ୱ $= x$ । ମନେକର ପ୍ରତ୍ୟେକ କୁଣ୍ଡଳୀ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଓ ଘେରସଂଖ୍ୟା ଯଥାକ୍ରମେ a ଓ n ଏବଂ P ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i ପ୍ରବାହିତ ହୋଇଛି ।

କୁଣ୍ଡଳୀ P ଯୋଗୁ x ଦୂରତ୍ୱରେ କୁଣ୍ଡଳୀ Sର କେନ୍ଦ୍ରରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$F = \frac{2\pi na^2 i}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

ଯଦି ଉଭୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ଅନ୍ତର୍ଗତ ମାଧ୍ୟମର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା μ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ S ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରବାହ (Flux)—

$$\phi = \pi a^2 \mu n F$$

$$= \pi a^2 \mu n \times \frac{2\pi a^2 ni}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

ଯଦି $i=1$, ତାହାହେଲେ $\phi = M$

$$\therefore\ M = \frac{2\mu\pi^2 n^2 a^4}{(a^2+x_2)^{\frac{3}{2}}} \text{ ବି. ଚୁ. ଏ.}$$

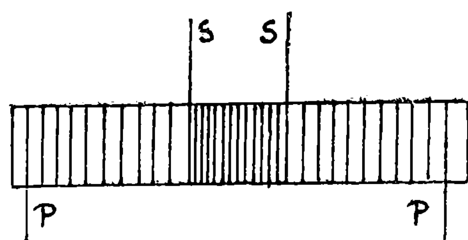
$$= \frac{2\mu\pi^2 n^2 a^4}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}} \times 10^{-9} \text{ ହେନରି}$$

ଯଦି P ଓ Sର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଯଥାକ୍ରମେ a ଓ b ଏବଂ ଘେରସଂଖ୍ୟା ଯଥାକ୍ରମେ n_1 ଓ n_2 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$\phi = \pi b^2 \mu n_2 \times \frac{2\pi n_1 a^2 i}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\text{ଏବଂ ତେଣୁ } M = \frac{2\mu \pi^2 n_1 n_2 a^2 b^2}{(a^2+x^2)^{\frac{3}{2}}} \times 10^{-9} \text{ ହେନରୀ} \cdots (18\cdot20)$$

(2) ଗୋଟିଏ ସଲେନଏଡ୍ ଅନ୍ୟ ଏକ ସଲେନଏଡ୍ ଉପରେ ଗୁଡ଼ାହୋଇଥିବା ବେଳେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ (ମାନକ ସଲେନଏଡ୍) (Mutual inductance of two Solenoids one wound upon the other) Standard Solenoid.



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·10)

ସଲେନଏଡ୍ SS (ଚିତ୍ର ନଂ 18·10) ସଲେନଏଡ୍ PP ଉପରେ ତାହାର ମଧ୍ୟଭାଗରେ ଗୁଡ଼ାହୋଇଛି । ଏହାକୁ ମାନକ ସଲେନଏଡ୍ (Standard Solenoid) କୁହାଯାଏ । ମନେକର ଏଠାରେ PP ମୁଖ୍ୟ ଏବଂ ତାହାର ଘେରସଂଖ୍ୟା $= N_1$, ଦୈର୍ଘ୍ୟ $= l$, ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ $= A$ ଓ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $= i$ ବି. ଚୁ. ଏ.

PPର ଅଭ୍ୟନ୍ତର ଭାଗରେ ତାହାର ଅକ୍ଷ ଉପରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା

$$F = \frac{4\pi N_1 i}{l}$$

$\therefore$ SSର ପ୍ରତ୍ୟେକ ଘେର ସହିତ ସଂଶ୍ଲିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ

$$= \frac{4\pi N_1 A i}{l}$$

ଯଦି SSର ଫେରସଂଖ୍ୟା N_2 ହୁଏ, ତାହା ହେଲେ ତାହାସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ

$$\phi = \frac{4\pi N_1 N_2 A i}{l}$$

$$\therefore \ M = \frac{4\pi N_1 N_2 A}{l} \text{ ବି. ଚୁ. ଏ.}$$

$$= \frac{4\pi N_1 N_2 A}{l} \times 10^{-9} \text{ ହେନରି} \quad \cdots \quad \cdots \quad (18{\cdot}21)$$

ଯଦି ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଅନ୍ତର (Core) ଥାଏ ଓ ତାହାର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା μ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

$$M = \frac{4\pi\mu N_1 N_2 A}{l} \times 10^{-9} \text{ ହେନରି} \quad \cdots \quad \cdots (18{\cdot}22)$$

ଯଦି ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ A_1 ଓ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା μ_1 ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଅନ୍ତର ଥାଏ ($A_1 < A$) ଏବଂ ଅବଶିଷ୍ଟ କ୍ଷେତ୍ରଫଳ A_2 ମଧ୍ୟରେ ($A_2 = A - A_1$) μ_2 ପ୍ରବେଶ୍ୟତାବିଶିଷ୍ଟ ଅନ୍ୟ ଏକ ଅନ୍ତର ଥାଏ, ତାହାହେଲେ—

$$M = \frac{4\pi N_1 N_2}{l} \left[\mu_1 A_1 + \mu_2 A_2 \right], \cdots \quad \cdots (18{\cdot}23)$$

ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀର ସମୁଦାୟ ବଳପ୍ରବାହ ଯଦି ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ହୁଏ, ଅର୍ଥାତ୍ ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀଟି ଯଦି ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀର ମଧ୍ୟଭାଗରେ ଗୁଡ଼ା ନ ହୋଇ ତାହାର ଗୋଟିଏ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଗୁଡ଼ାହୋଇଥାଏ ତାହାହେଲେ ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ କମ୍ ହେବ ।

ଉଦାହରଣ (1) ଗୋଟିଏ ସଲେନଏଡ୍‌ର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 8 ସେ. ମି., ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ 1 ସେ.ମି. ଓ ଫେରସଂଖ୍ୟା 100 । ତାହା ଉପରେ ତାହାର ମଧ୍ୟଭାଗରେ 20 ଫେରବିଶିଷ୍ଟ ଅନ୍ୟ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ଗୁଡ଼ାହୋଇଛି । କୁଣ୍ଡଳୀଦ୍ୱୟର ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ $N_1 = 100$, $N_2 = 20$, $a = 1$ ସେ.ମି., $l = 8$ ସେ.ମି.

$$M = \frac{4\pi N_1 N_2 A}{l}$$

$$=\frac{4\pi N_1 N_2 \pi a^2}{l}$$

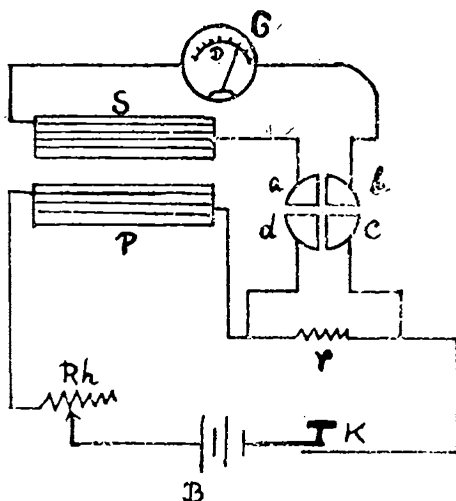
$$=\frac{4\times3{\cdot}14\times3.14\times100\times20\times1^2}{8}$$

$=9.86\times1000$ ବି: ଚୁ: ଏ:

$=9860\times10^{-9}$ ହେନରି (ଉ:)

18·20 ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ମାପନ (Measurement of mutual inductance) :

ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ P ଓ S ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ M ମାପ କରିବା ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ପରିପଥ ଚିତ୍ର ନଂ 18·11ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀ P ପରିପଥରେ ବ୍ୟାଟେରି B, ଚାବି K, ନିମ୍ନମାନର ମାନକ (Standard) ରୋଧ r (=·001 ଓମ୍) ଓ ରିଓଷ୍ଟାଟ୍ Rh ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ । ରୋଧ rର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ଗୋଟିଏ କମ୍ୟୁଟେଟର ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀ S ଗୋଟିଏ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟଦେଇ ଏହି କମ୍ୟୁଟେଟର ସହିତ ମଧ୍ୟ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·11)

ପ୍ରଥମେ ରିଓଷ୍ଟାଟ Rh ସାହାଯ୍ୟରେ ମୁଖ୍ୟ ପରିପଥରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ I ପଠାଇବାର ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ କମ୍ୟୁଟେଟର a ଓ b ବିନ୍ଦୁକୁ ସଂଯୋଗ କରି ଚାବି K ସାହାଯ୍ୟରେ ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀ P ମଧ୍ୟରେ ଏହି ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଆରମ୍ଭ ବା ବନ୍ଦ କଲେ, ଗୌଣ କୁଣ୍ଡଳୀ S ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବା. ଚୁ. ବ. ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଓ ଏହି ପ୍ରେରିତ ବି. ଚୁ. ବ.

$$e=-\frac{d\phi}{dt}=-M\frac{dI}{dt}$$

ଯଦି ଗୌଣ ପରିପଥରେ ମୋଟ ରୋଧ R ହୁଏ ତାହାହେଲେ S ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା—

$$i = \frac{e}{R} = \frac{M}{R} \times \frac{dI}{dt}$$

ଏହି ବିଦ୍ୟୁତପ୍ରବାହ ଫଳରେ ପ୍ରକ୍ଷେପ-ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ତାହାର ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ । ଏଠାରେ ପ୍ରକ୍ଷେପ-ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ମୋଟ ଚାର୍ଜ—

$$q = \int_0^t i dt = \int_0^t \frac{M}{R} \frac{dI}{dt} \times dt$$

$$= \frac{M}{R} \int_0^I dI = \frac{MI}{R}$$

ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରଟି ଯଦି ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରକାର ହୋଇଥାଏ ଓ ତାହାର ବିକ୍ଷେପ θ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ –

$$q = \frac{MI}{R} = \frac{C}{nAH} \times \frac{T}{2\pi} \theta \left(1 + \frac{\lambda}{2}\right) \quad \cdots \quad (18{\cdot}24)$$

$\frac{C}{nAH}$ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ a ଓ b ମଧ୍ୟରେ ସଂଯୋଗ ଛିନ୍ନ କରି a ଓ d ଏବଂ b ଓ c ମଧ୍ୟରେ ସଂଯୋଗ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ଏବଂ P ପରିପଥରେ ଏକ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ I ପଠାଯାଏ । ଏହା ଫଳରେ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ତାହାର ଏକ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ବିକ୍ଷେପ (Steady deflection) ହୁଏ । ଏଠାରେ r ର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର $= rI$ । ମନେକର ଗୌଣ ପରିପଥର ମୋଟ ରୋଧ $= R$ ଓ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରର ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ବିକ୍ଷେପ $= \theta_1$ ।

ତେଣୁ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

$$\frac{rI}{R} = \frac{C}{nAH} \times \theta_1$$

$$\therefore \frac{C}{nAH} = \frac{rI}{R\theta_1}$$

ସମୀକରଣ 18·24 ସାହାଯ୍ୟରେ,

$$M = \frac{R}{I} \times \frac{C}{nAH} \times \frac{T}{2\pi}\,\theta\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

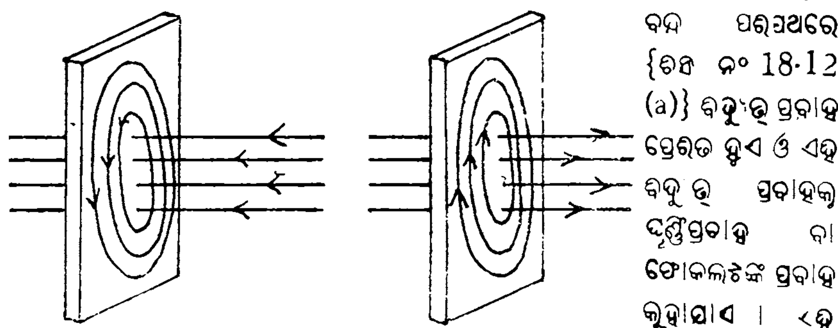
$$= \frac{R}{I} \times \frac{I}{R} \times \frac{rT}{2\pi} \times \frac{\theta}{\theta_1}\left(1+\frac{\lambda}{2}\right)$$

$$= \frac{rT}{2\pi} \times \frac{\theta}{\theta_1}\left(1+\frac{\lambda}{2}\right) \quad .... \quad .... \quad (18.25)$$

ସୁତରାଂ ସାଧାରଣ ପ୍ରଚଳିତ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରର ଆବର୍ତ୍ତିକାଳ T ଓ ଲଗାରିଥମୀୟ ହ୍ରାସ λ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରି ଏବଂ θ ଓ θ_1 ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରି ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ M ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

18·21 ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ବା ଫୋକଲ୍ଟ ପ୍ରବାହ (Eddy current or Foucault's current) :

କୌଣସି ଧାତବଖଣ୍ଡ ମଧ୍ୟଦେଇ ଯଦି ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ (Flux) ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ତାହା ଭିତରେ ପ୍ରେରଣକାରୀ ବଳପ୍ରବାହ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ କେତେଗୁଡ଼ିଏ ବନ୍ଦ ପରିପଥରେ {ଚିତ୍ର ନଂ 18·12 (a)} ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଓ ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହକୁ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ବା ଫୋକଲଟଙ୍କ ପ୍ରବାହ କୁହାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରବାହର ଦିଗ

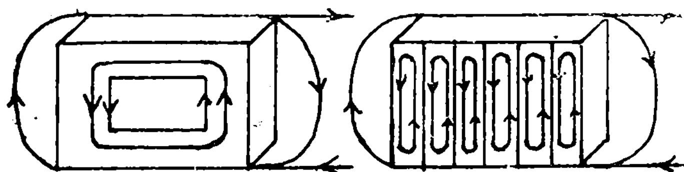


(ଚିତ୍ର ନଂ 18·12 a)

ସର୍ବଦା ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହର ଦିଗ ସହିତ ଲମ୍ବ । ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହର ବୃଦ୍ଧି ବେଳେ ଏହି ଘୂର୍ଣ୍ଣି ପ୍ରବାହର ଦିଗ ଯାହାହୁଏ, ହ୍ରାସ ପାଇବାବେଳେ ଠିକ୍ ତାହାର ବିପରୀତ ହୁଏ ଏବଂ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ଲେଞ୍ଜ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁସରଣ କରେ । ଧାତବ ଖଣ୍ଡଟିର ରୋଧ ଖୁବ୍ କମ୍ ହୋଇଥିବାରୁ ଏହି ଘୂର୍ଣ୍ଣି ପ୍ରବାହର ମାତ୍ରା ଖୁବ୍ ଅଧିକ ହୁଏ । ଏହି ପ୍ରବାହ ଫଳରେ ପରିବାହୀ ମଧ୍ୟରେ ଜୁଲ ତାପ (I^2Rt) ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ ଓ ତାହା ଶକ୍ତିର ଏକ ଅପଚୟ । ଏହି ଅପଚୟକୁ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ଅପଚୟ (Eddy current loss) କୁହାଯାଏ ।

ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉତ୍ପାଦକ, ମୋଟର, ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍ ଇତ୍ୟାଦି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯନ୍ତ୍ରର କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଥିବା ଲୁହା ଅନ୍ତରରେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ବେଳେ ସର୍ବଦା ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ଅପଚୟ ହୁଏ । ବିଶେଷତଃ ଯେତେବେଳେ ବଳପ୍ରବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଘଟେ, ସେତେବେଳେ ଏହି ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ଆବୃତ୍ତିର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ହୁଏ ଓ ସେହି କାରଣରୁ ଉଚ୍ଚ ଆବୃତ୍ତି ପରିପଥରେ (High frequency) ଏହା ଏକ ସମସ୍ୟା ରୂପେ ଦେଖାଦିଏ ।

ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହଜନିତ ଶକ୍ତି ଅପଚୟକୁ ହ୍ରାସ କରିବା ପାଇଁ ସାଧାରଣତଃ ଯନ୍ତ୍ରର କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପଟଳିତ ଲୁହା ବା ଲୁହା ତାରଗୁଚ୍ଛରେ ତିଆରି ଅନ୍ତର (Core) ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ପଟଳିତ ଅନ୍ତର ଗୋଟିଏ ଲୁହାଖଣ୍ଡ ବଦଳରେ ଅନେକଗୁଡ଼ିଏ ରୋଧିତ ଲୁହା ଫଳକର ସମାବେଶରେ ତିଆରି ହୋଇଥାଏ ଓ ତାହା କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ଏପରି ଭାବରେ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥାଏ, ଯେପରି ତାହାର ପଟଳ (ସ୍ତର) ଗୁଡ଼ିକ ଚୁମ୍ବକୀୟ



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·12 b)

ବଳରେଖା ସହିତ ସମାନ୍ତର ହୁଏ । ଗୋଟିଏ ବଡ଼ ଧାତବ ଖଣ୍ଡ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବଳ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ (ଚିତ୍ର ନଂ 18·12·b) ହୁଏ କିନ୍ତୁ ପଟଳିତ ଅନ୍ତରର ପଟଳଗୁଡ଼ିକ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ରୋଧୀ ପଦାର୍ଥ, ପ୍ରେରିତ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହର ଦିଗ ସହିତ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥ ହେଉଥିବାରୁ ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ ପାଏ ଓ ତେଣୁ କମ୍ ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହୁଏ ।

18·21 (ଗ) ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହର ଉପକାରିତା :

ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହେଉଥିବାରୁ ତାହା ଅବାଞ୍ଛନୀୟ; କିନ୍ତୁ ବହୁକ୍ଷେତ୍ରରେ ତାହାକୁ ବ୍ୟବହାର୍ଯ୍ୟ କାର୍ଯ୍ୟରେ ନିୟୋଗ କରାଯାଏ ।

(i) ଶେଷସ୍ପନ୍ଦ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ (Dead beat Galvanometer) :— ଚଳକୁଣ୍ଡଳୀ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରରେ ବିକ୍ଷେପର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ମନ୍ଦନ (Damping) ପାଇଁ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରକୁ ଶେଷ-

ହିନ (Dead beat) କରିବା ପାଇଁ ତାହାର କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଗୋଟିଏ ପିତ୍ତଳ କମ୍ବା ତମ୍ବାର ଫ୍ରେମ୍ ଉପରେ ଗୁଡ଼ାଇ ଦିଆଯାଏ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଯେତେବେଳେ ସ୍ଥାୟୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଘୂରେ, ସେତେବେଳେ ଏହି ଫ୍ରେମ୍ ମଧ୍ୟରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ ଓ ଏହି ପ୍ରବାହଜନିତ ଉଦ୍ଭବ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର କୁଣ୍ଡଳୀର ଘୂର୍ଣ୍ଣନକୁ ବାଧା ଦିଏ । ସୁତରାଂ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ସ୍ଥିର (Steady) ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ, ତାହା ବିନା ଦୋଳନରେ ବିକ୍ଷିପ୍ତ ହୋଇ ସ୍ଥିର ଅବସ୍ଥା ପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ କୁଣ୍ଡଳୀର ସ୍ଥିର ବିକ୍ଷେପ ପ୍ରଭାବିତ ହୁଏ ନାହିଁ; କାରଣ କୁଣ୍ଡଳୀଟି କେବଳ ଘୂରୁଥିବାବେଳେ ଉପରୋକ୍ତ ଘଟଣା ଘଟେ ।

(ii) **ଗତିମାପକ ଯନ୍ତ୍ର** (Speedometer) ଓ **ଗତିନିବାରକ ଯନ୍ତ୍ର** (Brake)—ଏହା ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ମୋଟରଗାଡ଼ିର ଗତିମାପକ ଯନ୍ତ୍ରରେ ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର ଚୁମ୍ବକର ଗାଡ଼ିର ଚକ ସହିତ ଦନ୍ତଚକ୍ରଦ୍ୱାରା ସଂଯୋଗ ସ୍ଥାପିତ ହୋଇଥାଏ ଓ ଚକ ଘୂରିଲେ ଚୁମ୍ବକଟି ଘୂରେ । ଏହି ଚୁମ୍ବକଟି ଗୋଟିଏ ସିଲିଣ୍ଡର ଆକୃତିର ଏଲୁମିନିୟମ ଡ୍ରମ୍ (Drum) ମଧ୍ୟରେ ଥାଏ ଓ ଏହି ଡ୍ରମ୍‌ଟି ଗୋଟିଏ ହେୟାର ସ୍ପ୍ରିଂ (Hair-spring) ସାହାଯ୍ୟରେ କୀଳକିତ (Pivoted) ହୋଇଥାଏ । ଚୁମ୍ବକଟି ଘୂରିଲେ ତାହା ଡ୍ରମ୍‌ରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ପ୍ରେରଣ କରେ ଓ ତାହାଦ୍ୱାରା ଡ୍ରମ୍‌ଟି ଘୂରି ଏକ ଅଂଶାଙ୍କିତ ସ୍କେଲ ଉପରେ ସୂଚକ ସାହାଯ୍ୟରେ ଗାଡ଼ିର ଗତି ଦର୍ଶାଏ ।

(iii) **ପ୍ରେରଣ ଭାଟି** (Induction furnace) :– ପ୍ରେରଣ ଭାଟିରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ଜନିତତାପଦ୍ୱାରା ଧାତବ ପଦାର୍ଥକୁ ତରଳାଯାଏ । ଏହି ଭାଟିରେ ଦ୍ରୁତ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥିବା ଏକ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଧାତୁଟିକୁ ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ ଓ ଏହା ଫଳରେ ଯେଉଁ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ ତାହା ଧାତୁଟିକୁ ତରଳାଇ ଦିଏ ।

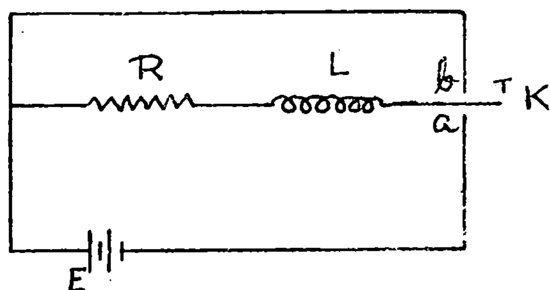
18·22 କ୍ଷଣିକ ପ୍ରବାହ ବା ପରିବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ (Transients or Varying Currents) :

କେବଳ ରୋଧ (Resistance) ଥିବା ଏକ ସରଳ ପ୍ରବାହ (D. C) ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥରେ ବି: ଗ୍ଲ: ବ: ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ସେଥିରେ ଓମ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ଅନୁଯାୟୀ $\left(I=\frac{E}{R}\right)$ ସର୍ବାଧିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ବି: ଗ୍ଲ: ବ: ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଯଦି ପରିପଥରେ ରୋଧ ସହିତ ପ୍ରେରକତ୍ୱ (Inductance) ବା ଧାରକତ୍ୱ (Capacitance) ବା ଉଭୟ ଥାଏ, ତାହାହେଲେ ବି: ଗ୍ଲ: ବ: ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିପାଇ ସର୍ବାଧିକ ହୁଏ ନାହିଁ କିମ୍ବା ବି: ଗ୍ଲ: ବ: ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ହେବାମାତ୍ରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସପାଇ

ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ ନାହିଁ । ଏକ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସର୍ବାଧିକ ହେବାପାଇଁ ବା ଶୂନ୍ୟ ହେବା-ପାଇଁ କିଛି ସମୟ ଲାଗେ; ଯଦିଓ ଏହି ସମୟ ଖୁବ୍ ସାମାନ୍ୟ (ଏକ ସେକେଣ୍ଡର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ରାଂଶ) । ପରିପଥରେ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ବା ଧାରକତ୍ୱ ଥିବାବେଳେ ସେଥିରେ ଯେଉଁ ପ୍ରବାହ ଏହିପରି ଭାବରେ ବୃଦ୍ଧି ବା ହ୍ରାସ ପାଏ, ତାହାକୁ **କ୍ଷଣିକ ପ୍ରବାହ** ବା **ପରିବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ** କୁହାଯାଏ । ଏହିପରି ଏକ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯେପରି ଭାବରେ ବୃଦ୍ଧି ବା ହ୍ରାସ ପାଏ, ତାହା ନିମ୍ନରେ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି ।

18·23 ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଓ ରୋଧ ଥିବା ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହର ବୃଦ୍ଧି ହେଲ୍‌ମହୋଲ୍‌ଜ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର (Growth of current in an L – R circuit—Helmholtz's Equation) :

ମନେକର ଗୋଟିଏ ସରଳପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 18·13) ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ L ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ପ୍ରେରକ, ଗୋଟିଏ ରୋଧ R ଓ E ବି: ଗ୍ଃ: ବ: ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରି ଶ୍ରେଣୀ-ଭୁକ୍ତ । ଏହି ପରିପଥରେ ଚାବି K ସାହାଯ୍ୟରେ (Kକୁ a ବିନ୍ଦୁ ସହିତ ସଂଯୋଗ କରି) ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଆରମ୍ଭ କରିବା ବେଳେ ପ୍ରେରକ L ମଧ୍ୟରେ ମୂଳ ବି: ଗ୍ଃ: ବ: Eର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଏକ ବି: ଗ୍ଃ: ବ: ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଓ ତାହା ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିକୁ ବାଧା ଦିଏ । ମନେକର ପରିପଥରେ ତାତ୍କାଳିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $= I$, ସର୍ବାଧିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $= I_0$ ଏବଂ L ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·13)

$$\text{ବି: ଗ୍ଃ: ବ:}\ e = -L\frac{dI}{dt} \text{ ।}$$

ତେଣୁ ପରିପଥରେ କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବି: ଗ୍ଃ: ବ:

$$= E - L\frac{dI}{dt}$$

ବର୍ତ୍ତମାନ ଓମ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରି,

$$E - L\frac{dI}{dt} = RI$$

କିନ୍ତୁ $E = RI_0$

$$\therefore R(I_0 - I) = L\frac{dI}{dt}$$

କିମ୍ବା $\frac{dI}{(I_0 - I)} = \frac{R}{L}dt$ .... (i)

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ସମାକଳନ କଲେ

$-\log_e(I_0 - I) = \frac{R}{L}t + A$, ଏଠାରେ A = ସମାକଳନ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ

ଯେତେବେଳେ $t = 0$, $I = 0$ ତେବେ $A = -\log_e I_0$

$$\therefore -\log_e(I_0 - I) = \frac{R}{L}t - \log_e I_0$$

କିମ୍ବା $\log_e\left(\frac{I_0 - I}{I_0}\right) = -\frac{R}{L}t$

କିମ୍ବା $\frac{I_0 - I}{I_0} = e^{-\frac{R}{L}t}$

କିମ୍ବା $I_0 - I = I_0 e^{-\frac{R}{L}t}$

କିମ୍ବା $I = I_0\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$ ... ...(14·26)

ଉପରୋକ୍ତ ସୂତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରବାହ ବୃଦ୍ଧିକାଳରେ ଯେକୌଣସି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା Iର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ଏଠାରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ଓ I_0ର ଏକକ ଏମ୍ପିୟର୍, tର ଏକକ ସେକେଣ୍ଡ, Lର ଏକକ ହେନ୍‌ରୀ ଓ Rର ଏକକ ଓମ୍ ଅଟେ । ଏହି ସୂତ୍ରରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ, ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ବୃଦ୍ଧି **ଚରଘାତାଙ୍କୀ** (Exponential) ।

(କ) ସମୟ t କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲେ ସମୀକରଣରେ ଚରଘାତାଙ୍କୀ ପଦଟି (Exponential term) କ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଏ ଓ ପରିଶେଷରେ ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଯାଏ ଏବଂ ସେତେବେଳେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $I = I_0 = \frac{E}{R}$ ହୁଏ ।

(b) ଯେଉଁ ସମୟରେ $\frac{R}{L}t=1$ ହୁଏ ସେହି ସମୟକୁ ଆଲୋଚ୍ୟ ପରିପଥର "ସମୟାଙ୍କ" (Time Constant) କୁହାଯାଏ ଓ ତାହାକୁ ଅକ୍ଷର λ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ । ସୁତରାଂ ସଜ୍ଞା ଅନୁଯାୟୀ

$$\frac{R}{L}\lambda=1 \text{ କିମ୍ବା } \lambda \text{ (ସମୟାଙ୍କ)}=\frac{L}{R}$$

(c) ଯେତେବେଳେ $\frac{Rt}{L}=1$

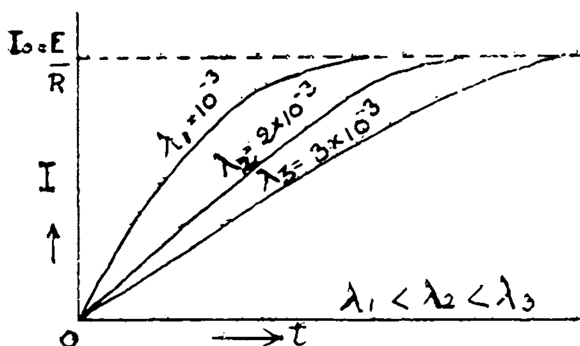
$$I=I_0\left(1-e^{-1}\right)=I_0\left(1-\frac{1}{e}\right)$$

$$\text{କିମ୍ବା } \frac{I}{I_0}=\left(1-\frac{1}{e}\right)=\left(1-\frac{1}{2{\cdot}718}\right)=\frac{1{\cdot}718}{2.718}=\cdot632$$

$$\therefore\ I=\frac{2}{3}I_0 \text{ (ପ୍ରାୟ)} \cdots \qquad \cdots \qquad \cdots (18{\cdot}2\ )$$

ସୁତରାଂ ଯେଉଁ ସମୟରେ L − R ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହ ବୃଦ୍ଧି ବେଳେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ତାହାର ଅନ୍ତିମ ସର୍ବାଧିକ ମାନର 63 % ବା ପ୍ରାୟ ଦୁଇ ତୃତୀୟାଂଶ ହୁଏ ସେହି ସମୟକୁ ଉକ୍ତ ପରିପଥର "ସମୟାଙ୍କ" କୁହାଯାଏ ।

(d) ସମୟାଙ୍କ λର ବିଭିନ୍ନ ମାନ ପାଇଁ L—R ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯେଉଁ ଭାବରେ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ତାହା ଗ୍ରାଫ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଚିତ୍ର ନଂ 18·14ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏହି ଗ୍ରାଫ୍‌ରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ପ୍ରବାହ-ମାତ୍ରା Iର ମାନ କମ୍ ହୋଇଥିବାବେଳେ ତାହା ଶୀଘ୍ର ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ଓ ଚରଘାତାଙ୍କୀ ଭାବରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·14)

ଅନ୍ତିମ ସର୍ବାଧିକ ମାନର (I_0) ନିକଟତମ ହୁଏ । ପୁନଶ୍ଚ λ ଶ୍ରେଷ୍ଠ ହେଲେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଶୀଘ୍ର ଅନ୍ତିମ ମାନରେ ପହଞ୍ଚେ । ଏଠାରେ ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟ ଯେ ତାତ୍ତ୍ୱିକ ଦୃଷ୍ଟିରୁ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ତାହାର ଅନ୍ତିମ ସର୍ବାଧିକ ମାନରେ ପହଞ୍ଚିବା ପାଇଁ ଅସୀମ ସମୟ (Infinite time) ଆବଶ୍ୟକ ।

(e) **ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିର ହାର** (Rate of growth of Current) :—ସୂତ୍ର 18·26 ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ସମୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିର ହାର ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

$$\frac{dI}{dt}=\frac{d}{dt}\left[I_0\left(1-e^{-\frac{R}{L}t}\right)\right]$$

$$=\frac{d}{dt}\left[\frac{E}{R}-\frac{E}{R}e^{-\frac{R}{L}t}\right]$$

$$=\frac{E}{L}e^{-\frac{R}{L}t}=\frac{E}{L}\times\frac{I_0-I}{I_0}=\frac{I_0R}{L}\times\frac{I_0-I}{I_0}$$

$$=\frac{R}{L}(I_0-I) \qquad \cdots \qquad (18.26)$$

ସୁତରାଂ ଯେତେବେଳେ Iର ମାନ I_0ର ନିକଟତର ହୁଏ, ସେତେବେଳେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର ହ୍ରାସ ପାଏ ।

(e) ଏଠାରେ ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟଯେ ସାଧାରଣ $L-R$ ପରିପଥରେ $R>>L$ ଓ ତେଣୁ λର ମାନ ଖୁବ୍ କମ୍ । ସେଥିପାଇଁ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିର ହାର ଖୁବ୍ ଅଧିକ ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ତାହାର ଅନ୍ତିମ ସର୍ବାଧିକ ମାନରେ ପହଞ୍ଚେ । ଏହି କାରଣରୁ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ଗୋଟିଏ ସାଧାରଣ ଗାଲଭାନୋମିଟରଦ୍ୱାରା ଜାଣିହୁଏ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଯେତେବେଳେ $R<<L$ ସେତେବେଳେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ପରିବର୍ତ୍ତନ ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରାଯାଇପାରେ ।

18·23 (a) କୌଣସି କୁଣ୍ଡଳୀର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ସଞ୍ଚିତ ଶକ୍ତି (Energy stored in the Magnetic field of a coil) :

ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ L ଓ ରୋଧ R ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହ ବୃଦ୍ଧି ପାଉଥିବା ବେଳେ

$$E = IR + L\frac{dI}{dt}$$

ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ Idt ଦ୍ୱାରା ଗୁଣନ କର

$$EIdt = I^2Rdt + LIdI$$

ଏଠାରେ dt ସମୟରେ ବ୍ୟାଟେରୀ ଯୋଗାଉଥିବା ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ $EIdt$ ଏବଂ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଜୁଲତାପଦ୍ୱାରା ଉତ୍ତପ୍ତ ହେବାରେ ନଷ୍ଟ ହେଉଥିବା ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ I^2Rdt । ସୁତରାଂ ପ୍ରେରିତ ବି: ଗ୍: ବ: ବିରୁଦ୍ଧରେ ବ୍ୟାଟେରୀ କରୁଥିବା କାର୍ଯ୍ୟ $= LIdI$ ପ୍ରବାହ-ମାତ୍ରା ଶୂନ୍ୟ ମାନରୁ ସର୍ବାଧିକ I_0କୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲେ ଏହି ପ୍ରବାହ ପ୍ରତିଷ୍ଠା କରିବା ପାଇଁ ମୋଟ କାର୍ଯ୍ୟ

$$W = \int_0^{I_0} LIdI = \tfrac{1}{2}LI_0^2 \quad \ldots \quad \ldots \quad (18.29$$

ଏହି ଶକ୍ତି କୁଣ୍ଡଳୀର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ସଞ୍ଚିତ ହୋଇ ରହେ ।

18.24 $L-$R ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ହ୍ରାସ (Decay of current in $L-$R circuit) :

ମନେକର ଗୋଟିଏ ସରଳ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ L ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ପ୍ରେରକ ଓ ଗୋଟିଏ ରୋଧ R ଶ୍ରେଣୀବଦ୍ଧ ହୋଇ E ବି: ଚ୍: ବ: ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀ (ଚିତ୍ର ନଂ 18.13) ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ମନେକର ପ୍ରାରମ୍ଭରେ (ଯେତେବେଳେ a ବିନ୍ଦୁ ସହିତ K ସଂଯୁକ୍ତ) ଏହି ପରିପଥରେ ଏକ ଅପରିବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I_0 ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି ଏବଂ $I_0 = \frac{E}{R}$ । ବର୍ତ୍ତମାନ ଯଦି ବ୍ୟାଟେରୀକୁ ପରିପଥରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରି-ଦିଆଯାଏ ତାହାହେଲେ $E = 0$ ହେବ କିନ୍ତୁ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହଠାତ୍ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏନାହିଁ କାରଣ ପ୍ରବାହର ହ୍ରାସବେଳେ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ଏକ ବିପରୀତ ବି: ଚ୍: ବ: ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ଏଠାରେ ପ୍ରବାହ କି ଭାବରେ ହ୍ରାସପାଏ ତାହା ଜାଣିବା ପାଇଁ ଚାବି Kକୁ b ସହିତ ସଂଯୋଗ କରି L ଓ R ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ବ୍ୟାଟେରୀବିହୀନ ପରିପଥ ସ୍ଥିର କରାଯାଏ ।

ମନେକର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ ପାଇବାବେଳେ ଯେ କୌଣସି ସମୟରେ ପ୍ରବାହ-ମାତ୍ରା $= I$ । ଏଠାରେ $\because E=0$, ତେଣୁ

$$-L \frac{dI}{dt} = RI$$

କିମ୍ବା $$\frac{dI}{I} = -\frac{R}{L} dt \quad \cdots \quad \cdots \quad (i)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ସମାକଳନ କର

$$log_e I = -\frac{R}{L}t + A,$$

ଏଠାରେ A = ସମାକଳନ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ

ଯେତେବେଳେ $t=0$, $I=I_0$,

$$\therefore \ A = log_e I_0$$

$$\therefore \ log_e I = -\frac{R}{L} t + log_e I_0$$

କିମ୍ବା $$log_e \frac{I}{I_0} = -\frac{R}{L} t$$

$$\therefore \ I = I_0 e^{-\frac{R}{L}t} \quad \cdots \quad (18{\cdot}30)$$

ଏହି ସୂତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ କାଳରେ ଯେକୌଣସି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ମାନ I ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

(ଘ) ଯେଉଁ ସମୟରେ $\frac{Rt}{L} = 1$ ହୁଏ, ସେହି ସମୟକୁ ପରିପଥର 'ସମୟାଙ୍କ' (λ) କୁହାଯାଏ ।

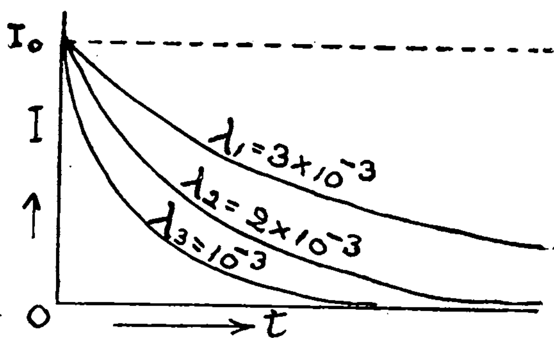
ତେଣୁ $\lambda = \frac{L}{R}$

ଏବଂ $I = I_0 \ e^{-\frac{t}{\lambda}}$

$$\therefore\ I = I_0\, e^{-1} = \frac{I_0}{e} = \frac{I_0}{2{\cdot}718} = {\cdot}366 I_0$$

ଅତଏବ L – R ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହ ହ୍ରାସ ସମୟରେ ଯେଉଁ ସମୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ତାହାର ସର୍ବାଧିକ ମାନର ·366 ବା ପ୍ରାୟ ଏକତୃତୀୟାଂଶ ହୁଏ ସେହି ସମୟକୁ ପରିପଥର ସମୟାଙ୍କ କୁହାଯାଏ ।

(b) ସମୟାଙ୍କ λର ବିଭିନ୍ନ ମାନ ପାଇଁ L – R ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯେଉଁ ହାରରେ ହ୍ରାସ ପାଏ ତାହା ଗ୍ରାଫ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ଚିତ୍ର ନଂ 18·15ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । λ କ୍ଷୁଦ୍ର ହେଲେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଚରଘାତାଙ୍କୀ ଭାବରେ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ହ୍ରାସ ପାଏ କିନ୍ତୁ λ ବଡ଼ହେଲେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ହ୍ରାସ ମନ୍ଥର ହୁଏ । ସାଧାରଣତଃ ବ୍ୟାଟେରୀ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରିବାବେଳେ ପରିପଥର ସ୍ୱିଚ୍ ମଧ୍ୟରେ ବାୟୁ ଫାଙ୍କ ଯୋଗୁ ଖୁବ୍ ଏକ ଉଚ୍ଚ ମାନର ରୋଧ ଅନ୍ତର୍ଭୁକ୍ତ ହୁଏ ଓ $\frac{L}{R}$ (= λ) ର ମାନ ଖୁବ୍ କମ୍ ହୋଇଯାଏ । ତେଣୁ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବନ୍ଦ ହେବାବେଳେ ତାହାର ହ୍ରାସର ହାର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିର ହାରଠାରୁ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ସେଥିପାଇଁ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ହେବାବେଳେ ଯେଉଁ ବି: ଚ୍: ବ: ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ତାହା ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଆରମ୍ଭ ବେଳେ ପ୍ରେରିତ ବି: ଚ୍: ବ ଠାରୁ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ହୋଇଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·15)

ଉଦାହରଣ (୧) :—ନଗଣ୍ୟ ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ଓ 2 ଭୋଲ୍ଟ ବି: ଚ୍: ବ: ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀକୁ 2 ହେନରୀ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଓ 2 ଓମ୍ ରୋଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସର୍ବାଧିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ଅର୍ଦ୍ଧେକ ହେବାପାଇଁ କେତେ ସମୟ ଲାଗିବ ?

ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ସର୍ବାଧିକ ମାନ

$$= \frac{E}{R} = \frac{2}{2} = 1 \text{ ଏମ୍ପିୟର}$$

ମନେକର ସର୍ବାଧିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ଅର୍ଦ୍ଧେକ ଅଥାତ୍ 0·5 ଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ସମୟ $= t$ ସେକେଣ୍ଡ

$$I = I_0 \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$$

$$\cdot 5 = 1 \left(1 - e^{-\frac{2}{2}t}\right)$$

କିମ୍ବା $1 - \frac{1}{2} = e^{-t}$

କିମ୍ବା $\frac{1}{2} = e^{-t} = \frac{1}{e^t}$

କିମ୍ବା $e^t = 2$

କିମ୍ବା $t = \log_e 2 = 2{\cdot}3026 \times \log_{10} 2$

$= 2{\cdot}3026 \times {\cdot}30103$

$= {\cdot}69$ ସେକେଣ୍ଡ (ଉତ୍ତର)

ଉଦାହରଣ (୨) :—ଗୋଟିଏ ଯନ୍ତ୍ରରେ 300 ମିଲିଏମ୍ପିୟର ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାହା କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର କୁଣ୍ଡଳୀର ରୋଧ 10 ଓମ୍ ଓ ପ୍ରେରକତ୍ୱ 2 ହେନରି । ଯନ୍ତ୍ର ସହିତ 6 ଭୋଲ୍ଟର ଏକ ବ୍ୟାଟେରୀ ପ୍ରୟୋଗ କଲେ କେତେ ସମୟ ପରେ ତାହା କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ ?

ସର୍ବାଧିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $= \frac{E}{R} = \frac{6}{12} = {\cdot}6$ ଏମ୍ପିୟର୍

ମନେକର t ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଯନ୍ତ୍ରଟି କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ।

300 ମିଲିଏମ୍ପିୟର $= {\cdot}3$ ଏମ୍ପିୟର୍

$$I = I_0 \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$$

$$\therefore \; {\cdot}3 = {\cdot}6 \left(1 - e^{\frac{10}{2}t}\right)$$

କିମ୍ବା $\frac{1}{2} = (1 - e^{5t})$

କିମ୍ବା $\frac{1}{2} = e^{-5t} = \frac{1}{e^{5t}}$

କିମ୍ବା $e^{5t}=2$

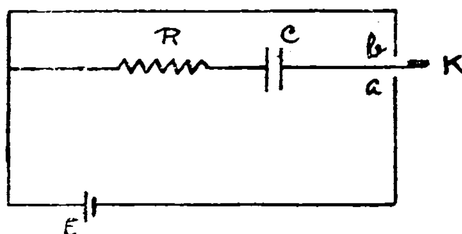
କିମ୍ବା $5t=\log_e 2=2{\cdot}3026\times\log_{10}2$

$=2{\cdot}3026\times{\cdot}30103={\cdot}69$

$\therefore\ t={\cdot}138$ ସେକେଣ୍ଡ   (ଉତ୍ତର)

18·24 ଧାରକତ୍ୱ ଓ ରୋଧଯୁକ୍ତ ପରିପଥରେ ଚାର୍ଜର ବୃଦ୍ଧି ଓ ହ୍ରାସ (ଧାରିତ୍ରୀର ଚାର୍ଜୀକରଣ ଓ ବିସର୍ଜନ) (Growth and decay of charge in a $C-R$ Circuit—charging and discharging of a condenser) :

ମନେକର ଗୋଟିଏ ସରଳ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 18·16) ଗୋଟିଏ ଧାରକ (ଧାରକତ୍ୱ $=C$), ଗୋଟିଏ ରୋଧ R, ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀ (ବି: ଚା: ବ: $=E$) ଓ ଗୋଟିଏ ଚାବି K ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ । ଚାବି Kକୁ a ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ଧାରକଟି ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ ଓ b ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ ତାହା ବିସର୍ଜିତ ହୁଏ । ଧାରକଟିକୁ ବ୍ୟାଟେରୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରିବା ମାତ୍ରେ ତାହା ତତ୍‌କ୍ଷଣାତ୍ ପୂର୍ଣ୍ଣମାତ୍ରାରେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ ନାହିଁ କିମ୍ବା ବ୍ୟାଟେରୀକୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରିବା ମାତ୍ରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·16)

ତାହା ତତ୍‌କ୍ଷଣାତ୍ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ବିସର୍ଜିତ ହୁଏ ନାହିଁ; ସେଥିପାଇଁ କିଛି ସମୟ ଲାଗେ, ଯଦିଓ ଏହି ସମୟ ଏକ ସେକେଣ୍ଡର ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ରାଂଶ ମାତ୍ର ।

(1) $C-R$ ପରିପଥରେ ଚାର୍ଜର ବୃଦ୍ଧି (ଧାରିତ୍ରୀର ଚାର୍ଜୀକରଣ) :— ଧାରକ ମଧ୍ୟରେ ସରଳ ପ୍ରବାହ ($D.\ C.$) ପ୍ରବାହିତ ହୋଇପାରେ ନାହିଁ । ତେଣୁ ଯେତେବେଳେ ଧାରକକୁ ବ୍ୟାଟେରୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ, (ଚିତ୍ର ନଂ 18·16) ସେତେବେଳେ ଧାରକର ଦୁଇ ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବି. ଚା. ବ. ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୁଏ ଓ ଏହା ଫଳରେ ଧାରକର ଫଳକ କ୍ରମେ ଚାର୍ଜିତ ହୁଏ । ବ୍ୟାଟେରୀ ଧାରକର ଫଳକକୁ ଅଧିକରୁ ଅଧିକ ଚାର୍ଜ ଦେବାକୁ ଚେଷ୍ଟା କରେ କିନ୍ତୁ ଧାରକର ଫଳକ କିଛି ଚାର୍ଜ ଗ୍ରହଣ କରିବା ମାତ୍ରେ ତାହାର ଫଳକଦ୍ୱୟ ମଧ୍ୟରେ ବ୍ୟାଟେରୀର ବି. ଚା. ବ.ର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଏକ

ବି. ଚା. ବ. କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ତାହା ବ୍ୟାଟେରୀକୁ ଆସୁଥିବା ଚାର୍ଜକୁ ବାଧାଦିଏ ; ତେଣୁ ଫଳକର ଚାର୍ଜ ହେବାର ହାର ହ୍ରାସ ପାଏ ।

ବ୍ୟାଟେରୀ ସଂଯୁକ୍ତ ହେବାର t ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଧାରକ ଗ୍ରହଣ କରିଥିବା ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ Q । ଏହି ଚାର୍ଜ ଯୋଗୁ ଧାରକର ଦୁଇ ଫଳକ ମଧ୍ୟରେ ଉଦ୍ଭବ ବିଭବାନ୍ତର $=\frac{Q}{C}$ ଓ ଏହି ବିଭବାନ୍ତର ବ୍ୟାଟେରୀ ବି. ଚା. ବ.ର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହ ବେଳେ ପରିପଥରେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ମନେକର t ସମୟରେ ଏହି ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $= I$

ତେଣୁ ପରିପଥର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ବି. ଚା. ବ. $= E - \frac{Q}{C}$

ଓମ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ପ୍ରୟୋଗ କରି $E - \frac{Q}{C} = RI = R\frac{dQ}{dt},$

$$\left[\because \quad I = \frac{dQ}{dt}\right]$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ଦୁଇପାର୍ଶ୍ୱକୁ C ଦ୍ୱାରା ଗୁଣନ କରି

$$EC - Q = CR\frac{dQ}{dt}$$

କିମ୍ବା $\frac{dQ}{EC - Q} = \frac{dt}{CR}$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ସମାକଳନ କରି

$$\int_0^Q \frac{dQ}{EC - Q} = \frac{1}{CR}\int_0^t dt$$; [∵ t ସମୟରେ ଚାର୍ଜ $= Q$ ଏବଂ ଯେତେବେଳେ $t = 0$, ଚାର୍ଜ $= 0$]

କିମ୍ବା $-\left[\log_e (EC - Q)\right]_0^Q = \frac{1}{CR}\left[t\right]_0^t$

କିମ୍ବା $-\log_e \frac{EC-Q}{EC} = \frac{t}{CR}$

କିମ୍ବା $\log_e \frac{EC-Q}{EC} = -\frac{t}{CR}$

କିମ୍ବା $\frac{EC-Q}{EC} = e^{-\frac{t}{CR}}$

ମନେକର ଚାର୍ଜର ସର୍ବୋଚ୍ଚ ମାନ $= Q_0$; $\therefore\ EC = Q_0$

$\therefore\ \frac{Q_0 - Q}{Q_0} = e^{-\frac{t}{CR}}$

କିମ୍ବା $Q = Q_0 (1 - e^{-\frac{t}{CR}})$ ... ... (18·31)

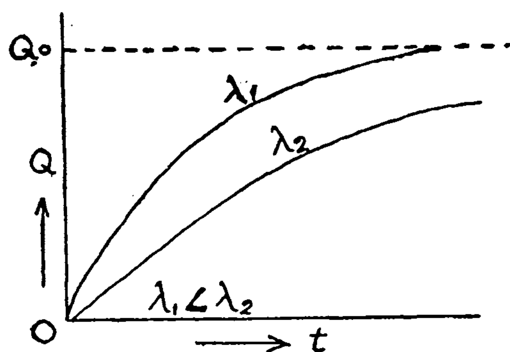
(a) ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ପରିପଥରେ ଚାର୍ଜ ଚରଘାତାଙ୍କୀ ଭାବରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ସମୟ t କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧି ପାଇଲେ ସମୀକରଣର ଚରଘାତାଙ୍କୀ ପଦଟି କ୍ରମେ ହ୍ରାସ ପାଏ ଓ ପରିଶେଷରେ ତାହା ଲୋପ ପାଏ ଏବଂ ସେତେବେଳେ ଚାର୍ଜର ପରିମାଣ ସର୍ବାଧିକ Q_0 ହୁଏ ।

(b) ଯେଉଁ (ସମୟ) t ର ମାନ ପାଇଁ $\frac{t}{CR} = 1$ ହୁଏ ସେହି ସମୟକୁ ପରିପଥର **'ସମୟାଙ୍କ'** (λ) କୁହାଯାଏ । $\therefore\ \lambda = CR$ ଏବଂ $Q = Q_0\left(1 - e^{-\frac{t}{\lambda}}\right)$

ସେତେବେଳେ $t = \lambda$, $Q = Q_0\left(1 - e^{-1}\right) = Q_0\left(1 = \frac{1}{e}\right) = \cdot 63Q$

ତେଣୁ $C-R$ ପରିପଥରେ ଚାର୍ଜ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବାବେଳେ ଯେଉଁ ସମୟରେ ଧାରକର ଚାର୍ଜ ତାହାର ଅନ୍ତିମ ସର୍ବୋଚ୍ଚ ମାନର 63 % ହୁଏ, ସେହି ସମୟକୁ ପରିପଥର 'ସମୟାଙ୍କ' (Time constant) କୁହାଯାଏ ।

(c) C - R ପରିପଥରେ λ (=CR)ର ବିଭିନ୍ନ ମାନ ପାଇଁ ସମୟ tର ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ଚାର୍ଜ Q ଯେପରି ଭାବରେ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ, ତାହା ଚିତ୍ର ନଂ 18·17ରେ ଗ୍ରାଫଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । କୌଣସି ଦତ୍ତ ଧାରକ ପାଇଁ λ କମ୍ ହେଲେ ଅର୍ଥାତ୍ ରୋଧ R କମ୍ ହେଲେ ଧାରକଟି ଶୀଘ୍ର ତାହାର ଅନ୍ତିମ ସର୍ବାଧିକ ମାନ ହାସଲ କରେ ଏବଂ λ ଅଧିକ ହେଲେ (R ଅଧିକ) ତାହା ଧୀରେ ଧୀରେ ସର୍ବାଧିକ ଚାର୍ଜ ହାସଲ କରେ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·17)

(d) ଚାର୍ଜ ବୃଦ୍ଧିର ହାର (Rate of growth of Charge) :— ସମୀକରଣ 18·31 ସାହାଯ୍ୟରେ ଯେକୌଣସି ସମୟ tରେ ଚାର୍ଜ ବୃଦ୍ଧିର ହାର ଅର୍ଥାତ୍ ଚାର୍ଜକାରୀ ପ୍ରବାହ

$$I = \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt}\left[Q_0\left(1 - e^{-\frac{t}{CR}}\right)\right]$$

$$= Q_0 \times \frac{1}{CR} e^{-\frac{t}{CR}} = EC \times \frac{1}{CR} \times e^{-\frac{t}{CR}}$$

$$= \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{R}} = I_0 e^{-\frac{t}{CR}} \quad \cdots \quad (18{\cdot}32)$$

ଯେତେବେଳେ $t = 0, \frac{dQ}{dt} = \frac{E}{R} = I_0$

∴ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଚାର୍ଜକାରୀ ପ୍ରବାହ $= I_0$

(2) C – R ପରିପଥରେ ଚାର୍ଜର ହ୍ରାସ (ଧାରିତ୍ରର ବିସର୍ଜନ) (Decay of Charge in a C – R circuit-Discharge of a condenser) :—

C – R ପରିପଥରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 18·16) ଧାରକଟି ପୂର୍ଣ୍ଣ ହେବା ପରେ ଯଦି ସ୍ୱିଚ K କୁ b ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ, ତାହାହେଲେ ଧାରକଟି ବ୍ୟାଟେରୀଠାରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ରୋଧ R ମଧ୍ୟଦେଇ ବିସର୍ଜିତ ହେବ । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ

$$\because E = 0$$

$$R\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = 0$$

କିମ୍ବା $$R\frac{dQ}{dt} = -\frac{Q}{R}$$

କିମ୍ବା $$\frac{dQ}{Q} = -\frac{dt}{CR}$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣର ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ସମାକଳନ କରି

$$\log_e Q = -\frac{t}{CR} + A, \; [\, A = \text{ସମାକଳନ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ} \,]$$

ଯେତେବେଳେ $t = 0$, $Q = Q_0$, $\therefore A = \log_e Q_0$

$$\therefore \log_e \frac{Q}{Q_0} = -\frac{t}{CR}$$

କିମ୍ବା $$Q = Q_0 e^{-\frac{t}{CR}} \quad \cdots \quad \cdots \quad (18{\cdot}33)$$

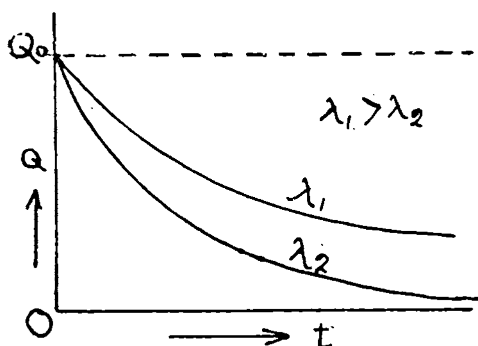
(a) ଉପରୋକ୍ତ ସୂତ୍ରରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ପରିପଥରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚରଘାତାଙ୍କୀ (Exponentially) ଭାବରେ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଯେତେବେଳେ $t = 0$, $Q = Q_0$ ଏବଂ ଯେତେବେଳ $t = \infty$ $Q = 0$; କିନ୍ତୁ କାର୍ଯ୍ୟତଃ ଅଳ୍ପ ସମୟ ପରେ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଯାଏ ।

(b) ସମୟାଙ୍କ (Time Constant) :–ସମୟ t ର ଯେଉଁ ମାନ ପାଇଁ $\frac{t}{CR} = 1$ ହୁଏ ସେହି ସମୟକୁ ପରିପଥର ସମୟାଙ୍କ (λ) କୁହାଯାଏ ।

$$\therefore \lambda = CR$$

ସୁତରାଂ ଯେତେବେଳେ $t = \lambda$, $Q = Q_0 e^{-\frac{t}{\lambda}} = Q_0 e^{-1} = \frac{Q_0}{e}$

ତେଣୁ C – R ପରିପଥରେ ଯେଉଁ ସମୟରେ ଚାର୍ଜ ହ୍ରାସ ପାଇ ତାହାର ସର୍ବାଧିକ ମାନର $\frac{1}{e}$ ଅଂଶରେ ପରିଣତ ହୁଏ, ସେହି ସମୟକୁ ପରିପଥର **'ସମୟାଙ୍କ'** ବୁଝାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·18)

(c) C – R ପରିପଥରେ λ(= CR)ର ବିଭିନ୍ନ ମାନ ପାଇଁ ସମୟ t ବୃଦ୍ଧି ସଙ୍ଗେ ଚାର୍ଜ Q ଯେପରି ଭାବରେ ହ୍ରାସ ପାଏ, ତାହା ଚିତ୍ର ନଂ 18·18ରେ ଗ୍ରାଫ୍‌ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଦତ୍ତ ଧାରିତ୍ର ପାଇଁ λର ମାନ କମ୍ ହେଲେ (R କମ୍) ଚାର୍ଜ ଶୀଘ୍ର ବିସର୍ଜିତ ହୁଏ ଓ λର ମାନ ଅଧିକ (R ଅଧିକ) ହେଲେ ଚାର୍ଜ ଧୀରେ ଧୀରେ ବିସର୍ଜିତ ହୁଏ ।

(d) **ଚାର୍ଜ ହ୍ରାସର ହାର** :—ଚାର୍ଜ ହ୍ରାସ ପାଉଥିବାବେଳେ ସମୀକରଣ 18·33 ଦ୍ୱାରା

$$I = \frac{dQ}{dt} = Q_0 \frac{d}{dt}\left(e^{-\frac{t}{CR}}\right) = \frac{Q_0}{CR}\, e^{-\frac{t}{CR}}$$

$$= -\frac{EC}{CR} e^{-\frac{t}{CR}} = -\frac{E}{R} e^{-\frac{t}{CR}}$$

∴ ଯେତେବେଳେ $t = 0$,

$$I = \frac{E}{R} = I_0$$

∴ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ବିସର୍ଜନକାରୀ ପ୍ରବାହ $= I_0$

ସୁତରାଂ ସର୍ବାଧିକ ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଚାର୍ଜ ଓ ବିସର୍ଜନ ଆରମ୍ଭ ହୁଏ ଏବଂ ଏହି ପ୍ରବାହ ଚରଘାତାଙ୍କୀ ଭାବରେ ହ୍ରାସ ପାଏ ।

ଉଦାହରଣ (1) :— ଗୋଟିଏ C - R ପରିପଥରେ ଧାରକତ୍ୱ C=20 ମାଇକ୍ରୋ ଫାରାଡ୍, ରୋଧ R=1000 ଓମ୍ ଓ ବ୍ୟାଟେରୀର ବି: ଚା: ବ: E=100 ଭୋଲ୍ଟ । ଏହି ପରିପଥର (i) ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା (ii) ସମୟାଙ୍କ (λ) (iii) ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଆରମ୍ଭ ହେବାର λ ସମୟ ପରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଏବଂ (iv) 0·01 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ଚାର୍ଜର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

(i) ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $I=\frac{E}{R}-\frac{Q}{CR}$

ଯେତେବେଳେ $t=0$, $Q=0$

$\therefore$ ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $I=\frac{E}{R}=\frac{100}{1000}=\cdot 1$ ଏମ୍ପିୟର

(ii) ସମୟାଙ୍କ $\lambda = CR = 20\times 10^{-6}$ ଫାରାଡ୍ $\times 1000$

$=2\times 10^{-2}=\cdot 02$ ସେକେଣ୍ଡ ।

(iii) $Q=Q_0\left(1-e^{-\frac{t}{CR}}\right)$

$\therefore\ I=\frac{dQ}{dt}=\frac{Q_0}{CR}\,e^{-\frac{t}{CR}}=\frac{EC}{CR}e^{-\frac{t}{CR}}$

$=\frac{E}{R}e^{-1}=\frac{\cdot 1}{e}=\frac{\cdot 1}{2\cdot 718}=0368$ ଏମ୍ପିୟର

$(\because\ t=CR)$

(iv) $Q=Q_0\left(1-e^{-\frac{t}{CR}}\right)=EC\left(1-e^{-\frac{\cdot 01}{\cdot 02}}\right)$

$=100\times 20\times 10^{-6}\,(1-e^{-\frac{1}{2}})$

$=2\times 10^{-3}\left(1-\frac{1}{\sqrt{e}}\right)=2\times 10^{-3}\left(1-\frac{1}{\sqrt{2\cdot 718}}\right)$

$=\cdot 00079$ କୁଲମ୍ ।

ଉଦାହରଣ (2) :—5 ମାଇକ୍ରୋ-ଫାରାଡ୍ ଧାରକତ୍ୱବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଚାର୍ଜିତ ଧାରକ ଗୋଟିଏ ଉଚ୍ଚମାନ ରୋଧ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହେବାର 10 ସେକେଣ୍ଡ ପରେ ତାହାର ଚାର୍ଜ ପୂର୍ବ ମାନର 50 % ହୁଏ । ଧାରକ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥିବା ରୋଧର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ $Q = \frac{Q_0}{2}$,

$t = 10$ ସେକେଣ୍ଡ,

$C = 5 \times 10^{-6}$ ଫାରାଡ୍

$$\therefore \quad Q = Q_0 \, e^{-\frac{t}{CR}}$$

କିମ୍ବା $\frac{Q_0}{2} = Q_0 \, e^{-\frac{t}{CR}}$

କିମ୍ବା $\frac{1}{2} = e^{-\frac{10}{5 \times 10^{-6} R}}$

କିମ୍ବା $\frac{1}{2} = \frac{1}{e^{+\frac{10}{5 \times 10^{6} R}}}$

କିମ୍ବା $2 = e^{+\frac{2 \times 10^{6}}{R}}$

କିମ୍ବା $\log_e 2 = \frac{2 \times 10^6}{R}$

କିମ୍ବା $2.303 \times \log_{10} 2 = \frac{2 \times 10^6}{R}$

କିମ୍ବା $2{\cdot}303 \times {\cdot}301 = \frac{2 \times 10^6}{R}$

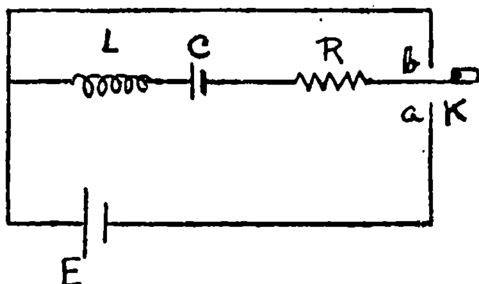
$\therefore \; R = \frac{2 \times 10^6}{{\cdot}69} = 2{\cdot}9 \times 10^6$ ଓମ୍ । (ଉତ୍ତର)

18·25 ପ୍ରେରକତ୍ୱ, ଧାରକତ୍ୱ ଓ ରୋଧଯୁକ୍ତ ପରିପଥ (L, C and R Circuit) :

କୌଣସି ପରିପଥରେ ପ୍ରେରକତ୍ୱ L, ଧାରକତ୍ୱ C, ରୋଧ R (ଚିତ୍ର ନଂ 18.19) ଓ ବି: ଗ୍ର: ବ: E (ବ୍ୟାଟେରୀ) ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ହୋଇଥିଲେ ସେଥିରେ ପ୍ରବାହ ଯେପରି ଭାବରେ ବୃଦ୍ଧି ବା ହ୍ରାସ ପାଏ, ତାହା ନିମ୍ନରେ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି ।

(1) L, C and R ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି (Growth of Current in L, C and R circuit) : –

ଗୋଟିଏ L, C ଓ R ପରିପଥରେ ବ୍ୟାଟେରୀ (ବି: ଗ୍ର: ବ: $=E$) ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ, କୌଣସି ସମୟରେ ତାହାର ବି: ଗ୍ର: ବ: ର ସମୀକରଣ ନିମ୍ନଲିଖିତ ଭାବରେ ଲେଖାଯାଏ —



(ଚିତ୍ର ନଂ 18.19)

$$L\frac{dI}{dt}+RI+\frac{Q}{C}=E \quad \cdots (18·34)$$

କିମ୍ବା $$L\frac{d^2Q}{dt^2}+R\frac{dQ}{dt}+\frac{Q}{C}=E$$

$$\left(\because\ I=\frac{dQ}{dt}\right)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣକୁ ସମାଧାନ କରି ପ୍ରଥମେ Q ର ମାନ ଓ ତାହା ପରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ ।

ମନେକର $\frac{R}{L}=2b$ ଏବଂ $\frac{1}{LC}=k^2$

$$\therefore\ \frac{d^2Q}{dt^2}+2b\frac{dQ}{dt}+k^2Q=\frac{E}{L}$$

କିମ୍ବା $$\frac{d^2Q}{dt^2}+2b\frac{dQ}{dt}+k^2\left(Q-\frac{E}{k^2L}\right)=0 \qquad (18.35)$$

ମନେକର $x = Q - \frac{E}{k^2L}$,

$$\therefore \frac{dx}{dt} = \frac{dQ}{dt} \text{ ଏବଂ } \frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d^2Q}{dt^2}$$

$$\therefore \frac{d^2x}{dt^2} + 2b\frac{dx}{dt} + k^2x = 0 \quad \cdots \quad (18\,36)$$

ଧରାଯାଉ $x = e^{\alpha t}$

$$\therefore \frac{dx}{dt} = \alpha e^{\alpha t} \text{ ଏବଂ } \frac{d^2x}{dt^2} = \alpha^2 e^{\alpha t}$$

ଏହି ମାନକୁ ସମୀକରଣ 18.36 ରେ ବସାଇ

$$\alpha^2 e^{\alpha t} + 2b\alpha\, e^{\alpha t} + k^2 e^{\alpha t} = 0$$

କିମ୍ବା $\alpha^2 + 2b\alpha + k^2 = 0$

$$\alpha = -b \pm \sqrt{b^2 - k^2}$$

α ର ଦୁଇଟି ମାନ ଥିବାରୁ , ସମୀକରଣର ସାଧାରଣ ସମାଧାନ

$$x = Ae^{(-b+\sqrt{b^2-k^2})t} + Be^{(-b-\sqrt{b^2-k^2})t} \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots \quad (18\,37)$$

ଏଠାରେ A ଓ B ଦୁଇଟି ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ।

$$\because x = Q - \frac{E}{K^2L} = Q - EC = Q - Q_0;$$

(ଏଠାରେ Q_0 = ଚାର୍ଜର ସର୍ବାଧିକ ମାନ)

$$\therefore Q = Q_0 + x = Q_0 + Ae^{(-b+\sqrt{b^2-k^2})t}$$
$$+ Be^{(-b-\sqrt{b^2-k^2})t} \quad \cdots \quad (18.38)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ସାହାଯ୍ୟରେ କୌଣସି ସମୟରେ ଚାର୍ଜର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେଲେ A ଓ B ଧ୍ରୁବାଙ୍କଦ୍ୱୟର ମାନ ନିରୂପଣ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ଯେତେବେଳେ $t=0,\ Q=0$

$\therefore\ 0=Q_0+A+B$

କିମ୍ବା $A+B=-Q_0$ ... ... (18.39)

ସମୀକରଣ (18.38) କୁ ଅବକଳନ କଲେ—

$$I=\frac{dQ}{dt}=A(-b+\sqrt{b^2-k^2})e^{(-b+\sqrt{b^2-k^2})t}$$

$$+B(-b-\sqrt{b^2-k^2})e^{(-b-\sqrt{b^2-k^2})t}$$

ଯେତେବେଳେ $t=0,\ I=0$

$$\therefore\ O=A(-b+\sqrt{b^2-k^2})+B(-b-\sqrt{b^2-k^2})$$

$$=-b(A+B)+(A-B)\sqrt{b^2-k^2}$$

$$=bQ_0+(A-B)\sqrt{b^2-k^2}$$

$$\therefore\ (A-B)=-\frac{bQ_0}{\sqrt{b^2-k^2}} \quad \ldots \quad (18.40)$$

ସମୀକରଣ (18.39) ଓ (18.40) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\left.\begin{aligned} A &= -\frac{Q_0}{2}\left(1+\frac{b}{\sqrt{b^2-k^2}}\right) \\ \text{ଏବଂ } B &= -\frac{Q_0}{2}\left(1-\frac{b}{\sqrt{b^2-k^2}}\right) \end{aligned}\right\} \quad (18.41)$$

$$\therefore\ Q=Q_0-\frac{Q_0}{2}\left(1+\frac{b}{\sqrt{b^2-k^2}}\right)e^{(-b+\sqrt{b^2-k^2})t}$$

$$-\frac{Q_0}{2}\left(1-\frac{b}{\sqrt{b^2-k^2}}\right)e^{(-b-\sqrt{b^2-k^2})t}$$

$$=Q_0\left[1-\frac{1}{2}\left(1+\frac{b}{\sqrt{b^2-k^2}}\right)e^{(-b+\sqrt{b^2-k^2})t}\right.$$

$$\left.-\frac{1}{2}\left(1-\frac{b}{\sqrt{b^2-k^2}}\right)e^{(-b-\sqrt{b^2-k^2})t}\right] \quad (18.42)$$

ଆଲୋଚ୍ୟ—1 :—ଯେତେବେଳେ $b^2 > k^2$ ଅର୍ଥାତ୍ $\frac{R^2}{4L^2} > \frac{1}{LC}$

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚାର୍ଜ Q କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧିପାଇ ପରିଶେଷରେ ତାହାର ଅନ୍ତିମ ସର୍ବାଧିକ ମାନ Q_0 ହାସଲ କରେ । ଏହା ଚିତ୍ର ନଂ 18·20ରେ ଗ୍ରାଫ୍ 'a' ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ।

ଆଲୋଚ୍ୟ—2 ଯେତେବେଳେ $b^2 = k^2$ ଅର୍ଥାତ୍ $\frac{R^2}{4L^2} = \frac{1}{LC}$

ଯେତେବେଳେ $b = k$, ସେତେବେଳେ ସମୀକରଣ (18·42)ଟି ଭାଙ୍ଗିପଡ଼େ; କାରଣ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦୁଇଟି ଗୁଣାଙ୍କ ଅସୀମ ହୋଇଯାଏ । ତେଣୁ $\sqrt{b^2 - k^2}$ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଲୋପ ନ ପାଇ ଯେତେବେଳେ ଖୁବ୍ କ୍ଷୁଦ୍ର ମାନବିଶିଷ୍ଟ (ମନେକର h) ହୋଇଥାଏ, ସେତେବେଳେ ସମୀକରଣ (18·38) କି ପ୍ରକାର ହୁଏ, ତାହା ବିଚାର କରାଯାଉ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ $Q = Q_0 + A\,e^{(-b+h)t} + Be^{(-b-h)t}$

$$= Q_0 + e^{-bt}\left(Ae^{ht} + Be^{-ht}\right)$$

କିନ୍ତୁ $e^{ht} = 1 + ht + \frac{h^2t^2}{L^2} + \cdots \cdots = 1 + ht$

ଏବଂ $e^{-ht} = 1 - ht + \frac{h^2t^2}{L^2} - \cdots \cdots = 1 - ht$

($\because$ h ଖୁବ୍ କ୍ଷୁଦ୍ର ଓ h^2କୁ ନଗଣ୍ୟ ଧରାଯାଇପାରେ)

$$\therefore Q = Q_0 + e^{-bt}\left[A(1+ht) + B(1-ht)\right]$$

$$= Q_0 + e^{-bt}\left[(A+B) + (A-B)ht\right] \quad \ldots. \qquad \ldots.(18{\cdot}43)$$

$$= Q_0 + e^{-bt}\left(A_1 + A_2ht\right) \quad \cdots \qquad \cdots (18{\cdot}44)$$

ଯେତେବେଳେ A_1 ଓ A_2 ଅନ୍ୟ ଦୁଇଟି ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଏବଂ $A_1 = (A+B)$ ଓ $A_2 = (A-B)$

ଯେତେବେଳେ $t=0$, $Q=0$ ∴ ସମୀକରଣ (18·44) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$A_1 = -Q_o$$

ପୁନଶ୍ଚ $I=\frac{dA}{dt}$ ଏବଂ ଯେତେବେଳେ $t=0, \frac{dQ}{dt}=0$

ସମୀକରଣ (18·44)କୁ ଅବକଳନ କଲେ

$$\frac{dQ}{dt} = -be^{-bt}\left(A_1 + A_2 t\right) + A_2 e^{-bt}$$

କିମ୍ବା $0 = -bA_1 + A_2 = bQ_o + A_2$

$$\therefore A_2 = -bQ_o$$

A_1 ଓ A_2ର ଏହି ମାନ ସମୀକରଣ (18·44)ରେ ବସାଇ

$$Q = Q_o + e^{-bt}(-Q_o - bQ_o t)$$

$$= Q_o \left[1 - e^{-bt}(1+bt)\right] \cdots \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (18{\cdot}45)$$

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ସ୍ରୋତର ବୃଦ୍ଧି ଶେଷସ୍ପନ୍ଦ (Dead beat) ନୁହେଁ କି ଦୋଳକୀ (Oscillatory) ନୁହେଁ; ଏହା ଏକ ସନ୍ଧିଅବସ୍ଥା (Critical) । ଚିତ୍ର ନଂ 18·20ରେ ରେଖା (b) ଦ୍ୱାରା ଏହି ସମୀକରଣଟି ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି ।

ଆଲୋଚ୍ୟ—3 :— ଯେତେବେଳେ $b^2 < k^2$ ଅର୍ଥାତ୍ $\frac{R^2}{4L^2} < \frac{1}{LC}$

ଏହି ଅବସ୍ଥାଟି ପୂର୍ବ ଦୁଇ ଅବସ୍ଥାଠାରୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭିନ୍ନ; କାରଣ ଏଠାରେ (b^2-k^2)ର ମାନ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ତେଣୁ $\sqrt{b^2-k^2}$ ଏକ କାଳ୍ପନିକ (Imaginary) ରାଶି ।

$$\sqrt{b^2-k^2} = \sqrt{-1}\sqrt{k^2-b^2} = j\sqrt{k^2-b^2}$$

ସୁତରାଂ ସମୀକରଣ (18·42) ଅନୁସାରେ

$$Q = Q_o\left[1 - e^{-bt}\left(\frac{e^{j\sqrt{k^2-b^2}t} + e^{-j\sqrt{k^2-b^2}t}}{2}\right)\right.$$

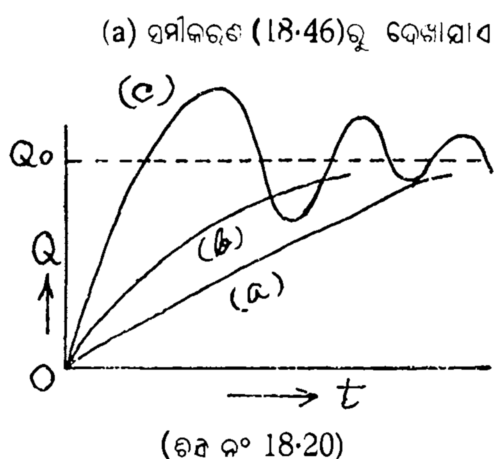
$$\left. + \frac{b\,e^{-bt}}{\sqrt{k^2-b^2}}\left(\frac{e^{j\sqrt{k^2-b^2}t} - e^{j\sqrt{k^2-b^2}t}}{2j}\right)\right]$$

$$=Q_0\left[1-\frac{k\,e^{-bt}}{\sqrt{k^2-b^2}}\left(\frac{\sqrt{k^2-b^2}}{k}\cos\sqrt{k^2-b^2}\,t+\frac{b}{k}\sin\sqrt{k^2-b^2}\,t\right)\right]$$

$$=Q_0\left[1-\frac{k\,e^{-bt}}{\sqrt{k^2-b^2}}\cos\left(\sqrt{k^2-b^2}\,t-\theta\right)\right]\cdots\cdots(18\cdot46)$$

$$\left(\text{ଏଠାରେ } \sin\theta=\frac{b}{k},\ \cos\theta=\frac{\sqrt{k^2-b^2}}{k} \text{ ଏବଂ } \tan\theta=\frac{b}{\sqrt{k^2-b^2}}\right)$$

(a) ସମୀକରଣ (18·46)ରୁ ଦେଖାଯାଏ ଯେ ଏଠାରେ ଚାର୍ଜ Q ତାହାର ଅନ୍ତିମ ସ୍ଥିରମାନ ହାସଲ କରିବା ପୂର୍ବରୁ ପର୍ଯ୍ୟାୟକ୍ରମେ (Alternately) ସ୍ଥିର ଚାର୍ଜ Q_0 ଠାରୁ ଅଧିକ ଓ କମ୍ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ ଏଠାରେ ଚାର୍ଜ **ଦୋଳନୀ** (Oscillatory) ଅଟେ । ଏହା ଚିତ୍ର ନଂ 18·20ରେ ଗ୍ରାଫ୍ (c) ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ଏଠାରେ ଦୋଳନର ବିସ୍ତାର (Amplitude of Vibration)—



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·20)

$$\frac{k}{\sqrt{k^2-b^2}}e^{-bt}=\frac{k}{\sqrt{k^2-b^2}}e^{-\frac{R}{2L}\times t}$$

ପରିପଥରେ ଯଦି ରୋଧର ମାନ କମ୍ ହୋଇଥାଏ, ତାହାହେଲେ ଏହି ବିସ୍ତାର ଧୀରେ ଧୀରେ ଲୋପ ପାଏ, କିନ୍ତୁ ଯଦି $R=O$ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ବିସ୍ତାର ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ହୁଏ ଓ ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦୋଳନ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ (Simple Harmonic) ହୋଇଥାଏ । ପୁନଶ୍ଚ ଚାର୍ଜର ଏହି ଦୋଳନ ସମୟରେ ତାହାର ସର୍ବାଧିକ ମାନ ତାହାର ସ୍ଥିର ମାନ Q_0 ଠାରୁ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ହୋଇଯାଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା ପରିପଥରେ ଥିବା

ଧାରିତ୍ରର ଫଳକର ବିଭବ (Potential) ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ହୋଇଯାଏ ଏବଂ ଫଳରେ ଧାରିତ୍ରର ରୋଧକ (Insulation) କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ନାହିଁ ।

(b) **ପ୍ରବାହମାତ୍ରା** :— L, C ଓ R ପରିପଥରେ ସ୍ବର୍ଚ୍ଚ ବୃଦ୍ଧି ବେଳେ ଯେ କୌଣସି ସମୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ସମୀକରଣ (18·46) ର ଦ୍ୱାରାରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

$$I=\frac{dQ}{dt}=Q_0\,k\,e^{-bt}\sin\left(\sqrt{k^2-b^2}\,t-\theta\right)$$

$$+Q_0\frac{k\,b}{\sqrt{k^2-b^2}}\,e^{-bt}\cos\left(\sqrt{k^2-b^2}\,t-\theta\right)$$

$$=\frac{Q_0\,k^2e^{-bt}}{\sqrt{k^2-b^2}}\left[\sin\sqrt{k^2-b^2}\,t\right] \quad .... \quad (18{\cdot}47)$$

(c) **ଦୋଳନ କାଳ** (Period of Oscillation) .— ଦୋଳନକାଳ

$$T=\frac{2\pi}{\sqrt{k^2-b^2}}$$

କିମ୍ବା $T=\dfrac{2\pi}{\sqrt{\dfrac{1}{LC}-\dfrac{R^2}{4L^2}}}$; ଯେତେବେଳେ $R=0$,

$$T=2\pi\sqrt{LC}$$

ଏବଂ ଆବୃତ୍ତି (Frequency) $n=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

(2) L, C ଓ R ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ହ୍ରାସ (Decay of Current in L, C and R Circuit) :

L, C ଓ R ପରିପଥରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 18·19) ଚାବି Kକୁ a ବିନ୍ଦୁରୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରି b ବିନ୍ଦୁରେ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ, ପରିପଥରୁ ବ୍ୟାଟେରୀଟି ବିଚ୍ଛିନ୍ନ ହୋଇଯାଏ ଓ ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ପରିପଥର ବି. ଚା. ବ. ସମୀକରଣ ଯାହା ହେବ, ତାହା ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା ।

$$L\frac{dI}{dt}+RI+\frac{Q}{C}=0$$

କିମ୍ବା $L\frac{d^2Q}{dt^2}+R\frac{dQ}{dt}+\frac{Q}{C}=0$

କିମ୍ବା $\frac{d^2Q}{dt^2}+2b\frac{dQ}{dt}+k^2Q=0$ ... .(18·48)

ଯେଉଁଠାରେ $2b=\frac{R}{L}$, $k^2=\frac{1}{LC}$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣର ସମାଧାନ, ଅନୁଚ୍ଛେଦ 18·25 (1) ଅନୁଯାୟୀ

$$Q=A\,e^{-b+\sqrt{b^2-k^2}t}+B\,e^{-b-\sqrt{b^2-k^2}t}$$ ... ... (18·49)

ଯେତେବେଳେ $t=0$, $Q=Q_0$

ତେଣୁ $(A+B)=Q_0$ ... . (18.50)

ପୁନଶ୍ଚ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $I=\frac{dQ}{dt}=0$ ଯେତେବେଳେ $t=0$

$$\therefore\ 0=A(-b+\sqrt{b^2-k^2})+B(-b-\sqrt{b^2-k^2})$$
$$+-b(A+B)+(A-B)\sqrt{b^2-k^2}$$
$$+-b^2Q_0+(A-B)\sqrt{b^2-k^2}$$

$$\therefore\ (A-B)=\frac{bQ_0}{\sqrt{b^2-k^2}}$$ ... .(18·51)

ସମୀକରଣ (8·49) ଓ (18·50) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\left.\begin{aligned} A&=\tfrac{1}{2}Q_0\left(1+\frac{b}{\sqrt{b^2-k^2}}\right)\\ \text{ଏବଂ}\quad B&=\tfrac{1}{2}Q_0\left(1-\frac{b}{\sqrt{b^2-k^2}}\right)\end{aligned}\right\}$$ ... . (18·52)

A ଓ B ର ଏହି ମାନ ସମୀକରଣ (18·49)ରେ ବସାଇ

$$Q=\frac{1}{2}Q_0\Big[\Big(1+\frac{b}{\sqrt{b^2-k^2}}\Big)e^{(-b+\sqrt{b^2-k^2})t}$$

$$+\Big(1-\frac{b}{\sqrt{b^2-k^2}}\Big)e^{(-b-\sqrt{b^2-k^2})t}\Big] \quad \cdots \quad (18{\cdot}53)$$

ଆଲୋଚ୍ୟ 1 :—ଯେତେବେଳେ $b^2>k^2$

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚାର୍ଜ କ୍ରମେ ହ୍ରାସପାଇ ପରିଶେଷରେ ଅନ୍ତିମଶୂନ୍ୟ ମାନ ହାସଲ କରେ । ଚାର୍ଜର ଏହି ବିସର୍ଜନ ଚିତ୍ର ନଂ 18·21 ରେ ଗ୍ରାଫ୍ (a) ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇ ଅଛି ।

ଆଲୋଚ୍ୟ 2 :—ଯେତେବେଳେ $b^2=k^2$

ଯେତେବେଳେ $b^2=k^2$, ସେତେବେଳେ ସମୀକରଣ (18·53) ଟି ଭାଙ୍ଗିପଡ଼େ; କାରଣ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଦୁଇଟି ଗୁଣାଙ୍କ ଅସୀମ ହୋଇଯାଏ, ତେଣୁ ପୂର୍ବ ଅନୁଚ୍ଛେଦ ପରି ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ $\sqrt{b^2-k^2}$ କୁ ଏକ କ୍ଷୁଦ୍ର ରାଶି h ବିବେଚନା କରି ସମୀକରଣ (18.49) ର ସମାଧାନ କରାଯାଇପାରେ ଓ ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ

$$Q=Q_0\,e^{-bt}(1+bt) \quad \cdots \quad (18{\cdot}54)$$

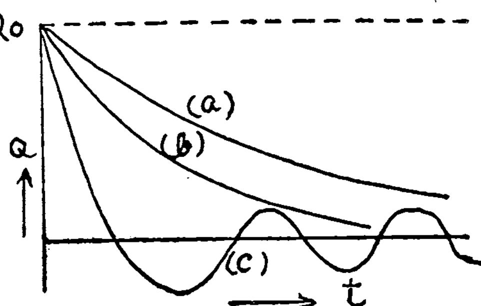
ଏଠାରେ ଚାର୍ଜର ହ୍ରାସ **ଶେଷ-ସ୍ପନ୍ଦ** (Dead-beat) ନୁହେଁ କି **ଦୋଳନୀ** (Oscillatory) ନୁହେଁ ଓ ତାହାକୁ ସନ୍ଧି ଅବସ୍ଥା (Critical) କୁହାଯାଏ । ଚାର୍ଜର ଏହିପ୍ରକାର ହ୍ରାସ ଚିତ୍ର ନଂ 18.21 ରେ ଗ୍ରାଫ୍ (b) ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ।

ଆଲୋଚ୍ୟ 3 :— ଯେତେବେଳେ $b^2<k^2$

ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚାର୍ଜର ହ୍ରାସ ପୂର୍ବ ଦୁଇ ବର୍ଣ୍ଣନାଠାରୁ ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣ ଭିନ୍ନ କାରଣ ଏଠାରେ (b^2-k^2) ର ମାନ ବିଯୁକ୍ତାତ୍ମକ ଓ ତେଣୁ $\sqrt{b^2-k^2}$ ଏକ କାଳ୍ପନିକ ରାଶି । ତେଣୁ ପୂର୍ବ ଅନୁଚ୍ଛେଦ ଆଲୋଚ୍ୟ-3 ପରି ବିଚାର କରି ଏଠାରେ ସମୀକରଣ (18 53) ର ସମାଧାନ କରାଯାଇପାରେ ଓ ସେହି ଅନୁଯାୟୀ

$$Q=\frac{Q_0Ke^{-bt}}{\sqrt{k^2-b^2}}\cos\,(\sqrt{k^2-b^2}t-\theta) \quad \cdots\cdots \quad (18.55)$$

(*a*) ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣ ଏକ **ମନ୍ଦିତ ଦୋଳନୀ ବିସର୍ଜନର** (Damped oscillatory discharge) ସମୀକରଣ । ଏଠାରେ ଚାର୍ଜର ବିସର୍ଜନ ଚିତ୍ର ନଂ 18.21 ରେ ଗ୍ରାଫ୍ (*c*) ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 18.21)

(*b*) **ପ୍ରବାହମାତ୍ରା** :—L, C ଓ R ପରିପଥରେ ଚାର୍ଜର ହ୍ରାସ ବା ବିସର୍ଜନ ସମୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା (ପୂର୍ବ ଅନୁଚ୍ଛେଦ ପରି)

$$I=\frac{dQ}{dt}=\frac{Q_0 k^2 e^{-bt}}{\sqrt{k^2-b^2}}\left[\sin\sqrt{k^2-b^2}\,t\right] \quad \cdots \quad (18.56)$$

(*c*) **ଦୋଳନକାଳ** :—

ଦୋଳନକାଳ $T=\dfrac{2\pi}{\sqrt{k^2-b^2}}=\dfrac{2\pi}{\sqrt{\dfrac{1}{LC}-\dfrac{R^2}{4L^2}}}$

ଯେତେବେଳେ $R=0$,

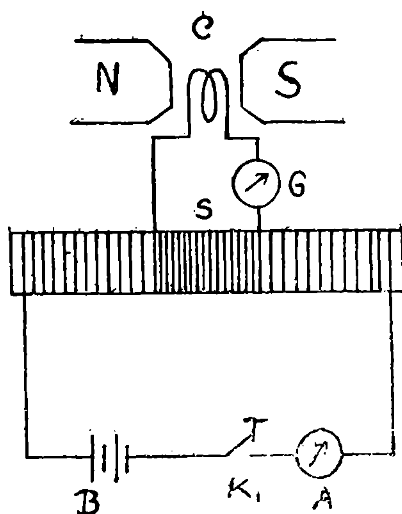
$$T=2\pi\sqrt{LC}$$

ଏବଂ ଆବୃତ୍ତି $n=\dfrac{1}{T}=\dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

18·26 ତୀବ୍ର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ମାପନ (ଅନ୍ୱେଷଣ କୁଣ୍ଡଳୀ ସାହାଯ୍ୟରେ) (Measurement of strong magnetic field by search coil) :

ଅନ୍ୱେଷଣ କୁଣ୍ଡଳୀ (Search coil) ଏକ ବହୁବେଷ୍ଟନବିଶିଷ୍ଟ ସରୁ ତମ୍ବା ତାରର କ୍ଷୁଦ୍ର କୁଣ୍ଡଳୀ ଓ ଏହାର ସାହାଯ୍ୟରେ ତାହାର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇ

ଯାଏ । କୌଣସି ଶକ୍ତିଶାଳୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇ ମେରୁ N ଓ S (ଚିତ୍ର ନଂ 18·22) ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ପାଇଁ ଏହି ଅନ୍ୱେଷଣ କୁଣ୍ଡଳୀ Cକୁ ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇ ମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ସହିତ ସମକୋଣରେ ଏପରି ସ୍ଥାପନ କରାଯାଏ, ଯେପରିକି କୁଣ୍ଡଳୀଟି ସର୍ବାଧିକ ବଳପ୍ରବାହ (Flux) ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ହେବ । ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଗୋଟିଏ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର G ଓ ଗୋଟିଏ ମାନକ ସଲେନଏଡ୍‌ର ଗୌଣ କୁଣ୍ଡଳୀ S ସହିତ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ । ସଲେନଏଡ୍‌ର ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀ P ଚିପା ଚାବି K_1 ମଧ୍ୟଦେଇ ଗୋଟିଏ ବ୍ୟାଟେରୀ B ଓ ଗୋଟିଏ ଏମିଟର୍ A ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·22)

ମନେକର n_0 = ଅନ୍ୱେଷଣ କୁଣ୍ଡଳୀର ଘେରସଂଖ୍ୟା

A_0 = ଅନ୍ୱେଷଣ କୁଣ୍ଡଳୀର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ

R = ଅନ୍ୱେଷଣ କୁଣ୍ଡଳୀ ପରିପଥର ମୋଟ ରୋଧ

n_1 = ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀର ଏକକ ଦୈର୍ଘ୍ୟପ୍ରତି ଘେରସଂଖ୍ୟା

N_2 = ଗୌଣ କୁଣ୍ଡଳୀର ମୋଟ ଘେରସଂଖ୍ୟା

A_1 = ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ

i – ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା (ବି. ଚୁ. ଏ.)

ପ୍ରଥମେ ଯେତେବେଳେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକର N ଓ S ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ନ ଥାଏ, ସେତେବେଳେ ଚାବି K_1 ସାହାଯ୍ୟରେ ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ i ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପ୍ରତିଷ୍ଠା କଲେ ଗୌଣ କୁଣ୍ଡଳୀ S ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ବଳପ୍ରବାହ $+4\pi n_1 N_2 A_1 i$ ଏହି ବଳପ୍ରବାହ ପରିବର୍ତ୍ତନ ଫଳରେ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍‌ଭାନୋମିଟର ତଥା ଅନ୍ୱେଷଣ କୁଣ୍ଡଳୀ

ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ଚାର୍ଜ $= \dfrac{4\pi n_1 N_2 A_1 i}{R}$ । ଯଦି ଏହି ଚାର୍ଜ ପ୍ରବାହ ଫଳରେ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟରରେ ବିକ୍ଷେପ θ_1 ହୁଏ ତାହାହେଲେ

$$\frac{4\pi n_1 N_2 A_1 i}{R} = k\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right) \quad \cdots \quad \cdots \quad (18.57)$$

ଏଠାରେ k = ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକର N ଓ S ମଧ୍ୟରେ ନିର୍ଣ୍ଣେୟ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର H ପ୍ରତିଷ୍ଠା କଲେ, ତାହାଦ୍ୱାରା ଅନ୍ୱେଷଣ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ବଳପ୍ରବାହ—

$$\phi = HA_0 n_0$$

ଏହାଫଳରେ ଅନ୍ୱେଷଣ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ବି. ଚା. ବ.

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(HA_0 n_0)$$

ଓ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ

$$i = \frac{e}{R} = \frac{1}{R}\frac{d}{dt}(HA_0 n_0)$$

ସୁତରାଂ ଅନ୍ୱେଷଣ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ଚାର୍ଜ

$$q = \int_0^t i\,dt = \frac{1}{R}\int_0^t \frac{d}{dt}(HA_0 n_0)\,dt = \frac{HA_0 n_0}{R}$$

ଏହି ଚାର୍ଜ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହେବା ଫଳରେ ଯେଉଁଥିରେ ବିକ୍ଷେପ ହୁଏ ; ମନେକର ଏହି ବିକ୍ଷେପ $= \theta_2$

$$\therefore \frac{HA_0 n_0}{R} = K\theta_2\left(1+\frac{\lambda}{2}\right) \quad (18.58)$$

ସମୀକରଣ (18·57) ଓ (18·58) ସାହାଯ୍ୟରେ

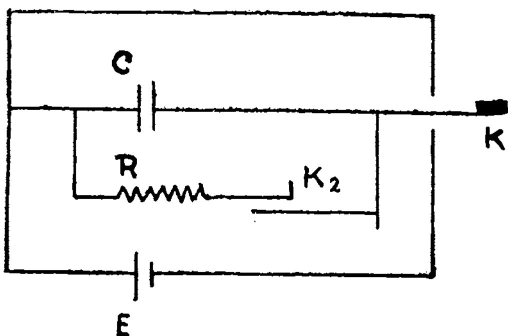
$$\frac{HA_0 n_0}{4\pi n_1 N_2 A_1 i} = \frac{\theta_2}{\theta_1}$$

କିମ୍ବା $$H = \frac{4\pi n_1 N_2 A_1 i}{A_0 n_0} \quad \cdots \quad (18.59)$$

ସୁତରାଂ n_1, N_2, A_1, i, A_0 ଓ n_0 ଜାଣି ଏବଂ θ_1 ଓ θ_2 ପର୍ଯ୍ୟବେକ୍ଷଣ କରି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା H ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ ।

18·27 କ୍ଷରଣ ରୀତିଦ୍ୱାରା ଉଚ୍ଚମାନ ରୋଧର ମାପନ (Measurement of high resistance by the method of leakage) :

କ୍ଷରଣ (Leakage) ରୀତିଦ୍ୱାରା 20 ମେଗ୍ ଓମ କିମ୍ବା ତଦୂର୍ଦ୍ଧ୍ୱ ରୋଧ ମାପ କରାଯାଏ । ଏହି ରୀତିରେ ଉଚ୍ଚ ମାନର ରୋଧ R ଯେଉଁ ପରିପଥ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ, ତାହା ଚିତ୍ର ନଂ 18·23 ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ ପ୍ରଥମେ ବ୍ୟାଟେରୀ E ଦ୍ୱାରା ଧାରିତ୍ରକୁ (ଧାରକତ୍ୱ $=C$) E_0 ବିଭବ ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଚାର୍ଜ କରାଯାଏ ଏବଂ ବ୍ୟାଟେରୀକୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରି (ଚାବି K_1 ସାହାଯ୍ୟରେ) ତାହାର (ଧାରିତ୍ର) ଚାର୍ଜକୁ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ G ମଧ୍ୟଦେଇ ବିସର୍ଜନ କରାଯାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·23)

ଏହାଫଳରେ ମନେକର ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ଚାର୍ଜ $=Q_0$ ଓ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ $=\theta_0$

$$\text{ତେଣୁ, } Q_0=CE_0=K\theta_0\left(1+\frac{\lambda}{2}\right) \quad \ldots\ldots \quad \text{(i)}$$

ଏଠାରେ $K=$ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ପ୍ରକ୍ଷେପ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ

$\lambda=$ ଲଗାରିଥମୀୟ ହ୍ରାସ

ଏହାପରେ ଧାରିତ୍ରଟିକୁ ପୁଣି E_0 ବିଭବ (ପୂର୍ବ ମାନ) ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ଚାର୍ଜ କରାଯାଏ ଓ ବ୍ୟାଟେରୀଟିକୁ ବିଚ୍ଛିନ୍ନ କରି (ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରିବା ପୂର୍ବରୁ) ଚାବି K_2କୁ t ସମୟ ପାଇଁ ଟିପାଯାଏ । ଫଳରେ ରୋଧ R ମଧ୍ୟଦେଇ ଧାରିତ୍ରର ଚାର୍ଜ t ସମୟ ପାଇଁ କ୍ଷରଣ (leak) ହୁଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା ଧାରିତ୍ରର ବିଭବ E_1କୁ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଏହାପରେ ଧାରିତ୍ରର ଚାର୍ଜକୁ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ମଧ୍ୟଦେଇ ବିସର୍ଜନ କରାଯାଏ । ମନେକର ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ଚାର୍ଜ $=Q_1$ ଏବଂ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍‌ର ବିକ୍ଷେପ$=\theta_1$ ।

ତେଣୁ ଏଠାରେ

$$Q_1 = CE_1 = K\theta_1\left(1+\frac{\lambda}{2}\right) \quad .... \qquad (ii)$$

ସମୀକରଣ (i) ଓ (ii) ସାହାଯ୍ୟରେ

$$\frac{Q_0}{Q_1} = \frac{\theta_0}{\theta_1}$$

ଏଠାରେ Q_0 ଗୁଡ଼ିକ t ସମୟରେ Q_1କୁ ହ୍ରାସ ପାଇଛି ।

$$\text{ସୁତରାଂ } Q_1 = Q_0 e^{-\frac{t}{CR}}$$

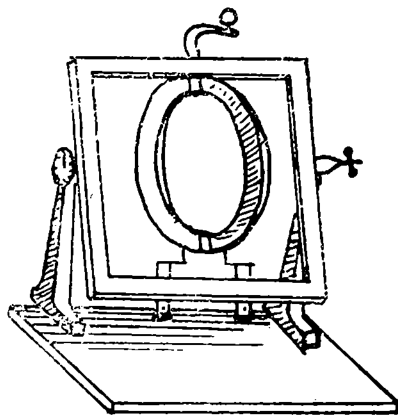
$$\therefore \frac{Q_0}{Q_1} = e^{\frac{t}{CR}}$$

$$\text{କିମ୍ବା } \frac{t}{CR} = \log_e \frac{Q_0}{Q_1} = \log_e \frac{\theta_0}{\theta_1}$$

$$\therefore R = \frac{t}{C \log_e \frac{\theta_0}{\theta_1}} = \frac{t}{2{\cdot}3 \log_{10} \frac{\theta_0}{\theta_1}} \quad .... \qquad (18{\cdot}60)$$

18·28 ଭୂ-ପ୍ରେରକ (Earth Inductor) :

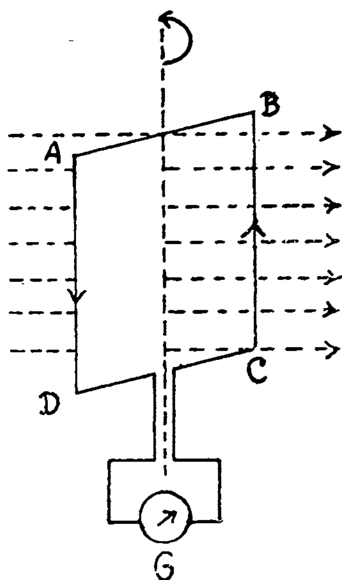
ଏହି ଯନ୍ତ୍ର (ଚିତ୍ର ନଂ 18·24) ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସଂଖ୍ୟକ ପେଶବିଶିଷ୍ଟ ରୋଧିତ ତମ୍ବା ତାରର ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ଓ ତାହାର ବଳିତ ସାହାଯ୍ୟରେ ତାହାର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । କୁଣ୍ଡଳୀଟି ତାହାର କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଇଥିବା ଏକ ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ 180° ଘୂରିପାରେ । ଏହି ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡଟି ଏକ ଆୟତାକାର କାଠ ଫ୍ରେମ୍ ସହିତ ଲଗିଥାଏ । ଏହି କାଠ ଫ୍ରେମଟି ମଧ୍ୟ ଏକ ଭୂସମାନ୍ତର ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂରିପାରେ ଓ ତାହାକୁ ଘୂରାଇ କୁଣ୍ଡଳୀର ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡ ତଥା ସମତଳକୁ ଭୂଲମ୍ବ କିମ୍ବା ଭୂସମାନ୍ତର କରାଯାଇପାରେ । କୁଣ୍ଡଳୀଟିକୁ ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରରେ ଘୂରାଇଲେ ତାହା ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଭୂଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ଓ ତାହାଫଳରେ



(ଚିତ୍ର ନଂ 18.24)

ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବ. ଗ୍ର. ବ. ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ସେଥିପାଇଁ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରକୁ ଭୂପ୍ରେରକ କୁହାଯାଏ । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଭୂଲମ୍ବ ଓ ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ ତଥା ଚୁମ୍ବକୀୟ ନମନ (Dip) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ । ଭୂପ୍ରେରକ ଓ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର ସାହାଯ୍ୟରେ ତୀବ୍ର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା ମଧ୍ୟ ମାପ କରାଯାଇପାରେ (ଅନୁଚ୍ଛେଦ 18·26) ।

ତତ୍ତ୍ୱ (Theory) :—ଯଦି ଏକ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ବନ୍ଧ ପରିପଥ $ABCD$ (ଚିତ୍ର ନଂ 18·25) (କୁଣ୍ଡଳୀ) ଘୂରେ ତାହାହେଲେ ତାହା ସହିତ ସଂଶ୍ଲିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ଫଳରେ ସେଥିରେ ଏକ ବ ଗ୍ର. ବ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 18·25)

ମନେକର, A = କୁଣ୍ଡଳୀର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ

N = କୁଣ୍ଡଳୀର ଘେରାସଂଖ୍ୟା

R = ପରିପଥର ମୋଟ ରୋଧ

θ = କୁଣ୍ଡଳୀର ସମତଳ ଓ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ମଧ୍ୟରେ କୋଣ

ସୁତରାଂ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ବଳ ପ୍ରବାହ $\phi = HAN \sin\theta$

ଏବଂ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଘୂରିବାବେଳେ ସେଥିରେ ପ୍ରେରିତ ବ. ଗ୍ର. ବ.

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt}(HAN \sin\theta)$$

$$= HAN \frac{d}{dt}(\sin\theta)$$

ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $i = \frac{e}{R} = -\frac{HAN}{R} \frac{d}{dt}(\sin\theta)$

ମନେକର, ଯେତେବେଳେ $t=0$, $\theta = \frac{\pi}{2}$

$$t = t,\ \theta = -\frac{\pi}{2}$$

ସୁତରାଂ ପ୍ରବାହିତ ଚାର୍ଜ

$$Q = \int_0^t i\, dt = -\int_0^t \frac{HAN}{R} \frac{d}{dt} (\sin \theta)\, dt$$

$$= -\frac{HAN}{R} \int_{\theta=\frac{\pi}{2}}^{\theta=-\frac{\pi}{2}} d(\sin \theta)$$

$$= -\frac{HAN}{R} \Big[\sin \theta\Big]_{\frac{\pi}{2}}^{-\frac{\pi}{2}}$$

$$= \frac{2\,HAN}{R} \text{ ବି: ଚୁ: ଏ:} \quad \ldots \quad \text{(i)}$$

ଏହି ଚାର୍ଜ ଯଦି କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲ୍ଭାନୋମିଟର୍ ମଧ୍ୟଦେଇ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ସେଥିରେ ବିକ୍ଷେପ $= \theta$ ହୁଏ ତା'ହାହେଲେ

$$Q = \frac{2\,HAN}{R} = K\theta\left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)$$

କିମ୍ବା $$H = \frac{RK\ \theta\left(1 + \frac{\lambda}{2}\right)}{2AN} \quad \ldots \quad \ldots \quad (18{\cdot}61)$$

(1) **ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଂଶ V ର ମାପନ** (Measurement of the vertical component V) :

ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଂଶ V ମାପ କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରଥମେ କୁଣ୍ଡଳୀର ଅକ୍ଷକୁ ତଥା ସମତଳକୁ ଭୂସମାନ୍ତର କରାଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ

ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଂଶ V ସଂଶ୍ଲିଷ୍ଟ ହୁଏ । ବର୍ତ୍ତମାନ କୁଣ୍ଡଳୀଟିକୁ ଦ୍ରୁତ ବେଗରେ 180° କୋଣ ଘୂରାଇଲେ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ବି: ଗ୍ର: ବ: ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଓ ସେଥିରେ ଏକ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଏହା ଫଳରେ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲଭାନୋମିଟରରେ ଯଦି ବିକ୍ଷେପ $= \theta_V$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ସମୀକରଣ (18·61) ଅନୁଯାୟୀ,

$$V = \frac{RK}{2AN}\theta_V\left(1+\frac{\lambda}{2}\right) \quad \ldots \quad (18{\cdot}62)$$

(2) **ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ H ମାପନ** (Measurement of horizontal component H) :

ଭୂଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ H ମାପ କରିବାପାଇଁ ପ୍ରଥମେ କୁଣ୍ଡଳୀର ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡ ତଥା ସମତଳକୁ ଭୂଲମ୍ବ କରାଯାଏ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀର ସମତଳକୁ ପୂର୍ବ-ପଶ୍ଚିମ ଦିଗରେ ରଖାଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ଭୂସମାନ୍ତର ଉପାଂଶ H ସଂଶ୍ଲିଷ୍ଟ ହୁଏ । ଏହାପରେ କୁଣ୍ଡଳୀଟିକୁ ଦ୍ରୁତ ବେଗରେ 180° କୋଣ ଘୂରାଇଲେ ସେଥିରେ ଏକ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚାଳକ ବଳ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଓ ଫଳରେ ସ୍ରୋତ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ । ଏହି ସ୍ରୋତ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲଭାନୋମିଟରରେ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇ ମନେକର ସେଥିରେ θ_H ବିକ୍ଷେପ କରାଯାଏ । ତେଣୁ ସମୀକରଣ (18·61) ଅନୁଯାୟୀ

$$H = \frac{RK}{2AN}\theta_H\left(1+\frac{\lambda}{2}\right) \quad (18{\cdot}63)$$

(3) **ନମନ କୋଣ ϕ ର ମାପନ** (Measurement of dip)

ନମନ କୋଣ ϕ ମାପ କରିବା ପାଇଁ ପ୍ରଥମେ ଉପରୋକ୍ତ ଦୁଇ ପରୀକ୍ଷା ସାହାଯ୍ୟରେ H ଓ V ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ।

$$\tan\phi = \frac{V}{H} = \frac{\theta_V}{\theta_H}$$

$$\text{କିମ୍ବା } \phi = \tan^{-1}\frac{\theta_V}{\theta_H} \quad \ldots \quad (18{\cdot}64)$$

ଭୂପ୍ରେରକ ସହିତ ସାଧାରଣତଃ ଚଳଚୁମ୍ବକ ପ୍ରକ୍ଷେପ ଗାଲଭାନୋମିଟର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

ଉଦାହରଣ (1) :—10 ଘେରା ଓ 100 ବର୍ଗ ସେ. ମି. କ୍ଷେତ୍ରଫଳ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀର ରୋଧ 20 ଓମ୍ ଏବଂ ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀଟି ପ୍ରାରମ୍ଭରେ 20 ଓଏର୍ଷ୍ଟେଡ୍ ତୀବ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମକୋଣରେ ସ୍ଥାପିତ । ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସହିତ ସମକୋଣରେ ଥିବା ଏକ ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ 30° ଘୂରାଇଲେ ସେଥିରେ ପ୍ରେରିତ ଶୁଳ୍କ ପରିମାଣ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଦତ୍ତ—$\cos 30° = \cdot 866$, 1 ଓମ୍ $= 10^9$ ବି: ଚୁ: ଏ:, 1 କୁଲମ୍ $= 10^{-1}$ ବି: ଚୁ: ଏ:]

ଏଠାରେ $\phi_1 = HAN$

$$\phi_2 = HAN \cos 30°$$

$$\therefore \phi_2 - \phi_1 = -20 \times 100 \times 10\,(1 - 0.866)$$

$$e = -\frac{d\phi}{dt} = \frac{20 \times 100 \times 10 \times 0.134}{dt}$$

$$i = \frac{e}{R} = \frac{20 \times 100 \times 10 \times 0{\cdot}134}{20 \times 10^9 \times dt}$$

$$\therefore q = \int i\,dt = \frac{20 \times 100 \times 10 \times 0.134}{20 \times 10^9} \text{ ବି ଚୁ ଏ.}$$

$$= \frac{20 \times 100 \times 10 \times 0{\cdot}134 \times 10}{20 \times 10^9} \text{ କୁଲମ୍}$$

$$= 134 \times 10^{-8} \text{ କୁଲମ୍}$$ (ଉତ୍ତର)

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ କଣ, ସଂକ୍ଷେପରେ ବୁଝାଇ ଦିଅ ଓ ଏହି ସମ୍ବନ୍ଧୀୟ ଫାରାଡେ ଏବଂ ଲେଞ୍ଜଙ୍କ ସୂତ୍ର ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

2. $e = -\frac{d\phi}{dt}$ ସୂତ୍ରର ତାତ୍ତ୍ୱିକ ନିଗମନ କର ।

3. 50 ଓଏରଷ୍ଟେଡ୍ ତୀବ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ 10 ସେ. ମି. ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ କପର ଚକତି ଅବସ୍ଥିତ ଓ ଚକତିଟିର ସମତଳ ଚୁମ୍ବକ

କ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ସହିତ ଲମ୍ବ । ଚକଟିଟି ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ 5 ଥର ଘୂରିଲେ ତାହାର କେନ୍ଦ୍ର ଓ ଧାର ମଧ୍ୟରେ କେତେ ଭୋଲ୍ଟ ବି. ଗୃ. ବ. ପ୍ରେରିତ ହେବ ?

[ଉତ୍ତର—$7\cdot 85 \times 10^{-6}$ ଭୋଲ୍ଟ]

4. ଗୋଟିଏ ରେଳଗାଡ଼ି କୋଠରିର ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡର ଦୈର୍ଘ୍ୟ 1·2 ମିଟର । ଯଦି ଭୂଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ରର ଭୂଲମ୍ବ ଉପାଂଶ ·5 ଓଏରଷ୍ଟେଡ଼୍ ହୁଏ ଓ ଗାଡ଼ିଟି ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ଘଣ୍ଟା ପ୍ରତି 30 କିଲୋମିଟର ବେଗରେ ଗତି କରେ ତାହାହେଲେ ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ କେତେ ଭୋଲ୍ଟ ବି. ଗୃ. ବ. ପ୍ରେରିତ ହେବ ?

[ଉତ୍ତର—5×10^{-4} ଭୋଲ୍ଟ]

5 ସ୍ୱ-ପ୍ରେରଣ କଣ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ପ୍ରମାଣ କର ଯେ କୌଣସି ପରିବାହୀର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ସେହି ପରିବାହୀର ଏକକ ପ୍ରବାହ ସହିତ ସମ୍ପୃକ୍ତ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହର ପ୍ରତିଷ୍ଠା ପାଇଁ କରାଯାଇଥିବା କାର୍ଯ୍ୟର ଦୁଇଗୁଣ ।

6. ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱର ସଂଜ୍ଞା ଉଲ୍ଲେଖ କର । (i) ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀ ଓ (ii) ଗୋଟିଏ ସଲେନଏଡ୍‌ର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

7. ଦୁଇଟି ସମାନ୍ତରାଳ ତାର ମଧ୍ୟରୁ ପ୍ରବାହ ଯଦି ଗୋଟିକରେ ଅଗ୍ରଗାମୀ ହୁଏ ଓ ଅନ୍ୟଟିରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତନ କରେ । ପ୍ରତ୍ୟେକ ତାରର ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ଯଦି r ହୁଏ ଓ ଦୁଇ ତାର ମଧ୍ୟରେ ଦୂରତା ଯଦି d ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତାରଦ୍ୱୟର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । ଗୋଟିଏ ରୋଧବାକ୍ସ କିମ୍ବା ପ୍ଲାଟିନମ୍ ରୋଧ ତାପମାନ ଯନ୍ତ୍ରରେ ଗୋଟିଏ (ରୋଧିତ) ତାରକୁ ଦୁଇପରସ୍ତ କରି କାହିଁକି ଗୁଡ଼ାହୋଇଥାଏ ?

8 ହୁଇଟ୍‌ଷ୍ଟୋନ୍ ବ୍ରିଜ ସାହାଯ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀର ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ କିପରି ମାପ କରାଯାଏ ବୁଝାଇଦିଅ ।

9. ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ସଂଜ୍ଞା ଉଲ୍ଲେଖ କର । ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r_1 ଓ ଘେରସଂଖ୍ୟା n_1 ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ଏବଂ ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ r_2 ଓ ଘେରସଂଖ୍ୟା n_2 ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀ ପରସ୍ପରଠାରୁ x ଦୂରତ୍ୱ ଓ ସମଅକ୍ଷରେ ରହିଥିବାବେଳେ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ଏକ ସୂତ୍ର ନିରୂପଣ କର ।

10. ଘେରସଂଖ୍ୟା N_1, ଦୈର୍ଘ୍ୟ l ଓ ଅନୁପ୍ରସ୍ଥଚ୍ଛେଦ A ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସଲେନଏଡ୍‌ରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା i ବି. ଚୁ. ଏ. ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି । ଏହି ସଲେନଏଡ୍ ଉପରେ ଓ

ତାହାର ମଧ୍ୟଭାଗରେ N_2 ଘେରସଂଖ୍ୟା ବିଶିଷ୍ଟ ଅନ୍ୟ ଏକ ସଲେନଏଡ଼ ଗୁଡ଼ା ହୋଇଛି । ଦୁଇ ସଲେନଏଡ଼ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱର ଏକ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର ।

11. ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ମାପ କରିବାର ଏକ ଗୋଟିଏ ତତ୍ତ୍ୱ ସହ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

12. ପ୍ରେରକତ୍ୱ, ରୋଧ ଓ ସ୍ଥିର ବି. ଗ୍ର. ବ. ଥିବା ଏକ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହର ବୃଦ୍ଧି ଓ ହ୍ରାସ ପାଇଁ ହେଲମ୍‌ହୋଲଜ୍‌ଙ୍କ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର । ପରିପଥର 'ସମୟାଙ୍କ'ର ଅର୍ଥ କଣ ?

13 ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଓ ରୋଧ ଥିବା ଏକ ପରିପଥରେ ଏକ ସ୍ଥିର ବି. ଗ୍ର. ବ. ହଠାତ୍ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହେଲେ ସେଥିରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ପାଇଁ ଏକ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର ।

14. 6 ଭୋଲ୍ଟ ବି. ଗ୍ର. ବ. (ଆଭ୍ୟନ୍ତରୀଣ ରୋଧ ନଗଣ୍ୟ) ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବ୍ୟାଟେରୀକୁ 2 ହେନେରୀ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଓ 6 ଓମ୍ ରୋଧ ଥିବା ଏକ ପରିପଥରେ ସଂଯୁକ୍ତ କଲେ କେତେ ସମୟ ପରେ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସର୍ବାଧିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର 50 % ହେବ ? [ଉତ୍ତର – 0·23 ସେକେଣ୍ଡ]

15. ଗୋଟିଏ ଅଭିଗ୍ରାହକର (Relay) ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ 5 ହେନେରୀ ଓ ରୋଧ 200 ଓମ୍ ଏବଂ ଏହା 1·5 mA ପ୍ରବାହମାତ୍ରାରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ଏହି ଅଭିଗ୍ରାହକ ପଦ୍ଧତି ଯଦି 0·5 ଭୋଲ୍ଟ ବି. ଗ୍ର. ବ. ପ୍ରଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ ଏହା କେତେ ସମୟ ପରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବ ? ଏହା ଠିକ୍ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାବେଳେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିର ହାର କେତେ ହେବ ?

[ଉତ୍ତର—t = ·023 ସେକେଣ୍ଡ ; ପ୍ରବାହ ବୃଦ୍ଧି ହାର = ·04 ଏମ୍ପିୟର/ସେକେଣ୍ଡ]

16. ଗୋଟିଏ ରୋଧ ମଧ୍ୟଦେଇ ଗୋଟିଏ ଧାରକର ଚାର୍ଜର ବୃଦ୍ଧି ଓ ହ୍ରାସ ପାଇଁ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର ।

17. ଏକ ମାଇକ୍ରୋଫାରାଡ଼ ଧାରକତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ଧାରକ 1 ମେଗ୍ ଓମ୍ ରୋଧ ମଧ୍ୟଦେଇ ବିସର୍ଜିତ ହୁଏ (Discharged) । ଧାରକରୁ ଅର୍ଦ୍ଧେକ ଚାର୍ଜ ବିସର୍ଜିତ ହେବାପାଇଁ କେତେ ସମୟ ଆବଶ୍ୟକ ହେବ ? [ଉତ୍ତର—0·6931 ସେକେଣ୍ଡ]

18. ଯେ କୌଣସି ପରିପଥରେ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଓ ରୋଧ ମଧ୍ୟଦେଇ ଯେ କୌଣସି ଧାରିତ୍ରର ଦୋଳନୀ ବିସର୍ଜନ (Oscillatory discharge) ହୁଏ ତାହାର ତତ୍ତ୍ୱ ଉଲ୍ଲେଖ କର । ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଆବୃତ୍ତି (Frequency) ପାଇଁ ଏକ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର ।

19. ଅନ୍ୱେଷଣ କୁଣ୍ଡଳୀ (Search coil) ଦ୍ୱାରା ତୀବ୍ର ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର କିପରି ମାପ କରାଯାଏ, ତତ୍ତ୍ୱ ସହ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

20. କୌଣସି ସ୍ଥାନରେ ଭୂପ୍ରେରକ ସାହାଯ୍ୟରେ ନମନ-କୋଣ (Dip) କିପରି ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ତତ୍ତ୍ୱସହ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

21 ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଷୟରେ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଟିପ୍ପଣୀ ଲେଖ :—

(i) ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ (ii) ସ୍ୱ-ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଓ ପାରସ୍ପରିକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ (iii) ଧାରିତ୍ରର ଦୋଳନୀ ବିସର୍ଜନ (iv) କ୍ଷେପଣ ସାହାଯ୍ୟରେ ଉଚ୍ଚମାନ ରୋଧର ମାପ (v) ଭୂପ୍ରେରକ ।

ଊନବିଂଶ ପରିଚ୍ଛେଦ

ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ

(Alternating Current)

19·1 ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ :

ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ଯଦି କୌଣସି ପରିପଥରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସମୟ ବ୍ୟବଧାନରେ ନିୟମିତ ପୁନରାବୃତ୍ତି କରେ ଅର୍ଥାତ୍ ଏହି ସମୟ ବ୍ୟବଧାନର ଅର୍ଦ୍ଧେକ କାଳରେ ଏକ ଦିଗରେ ଓ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଅର୍ଦ୍ଧେକ କାଳରେ ବିପରୀତ ଦିଗରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହି ଅର୍ଦ୍ଧେକ କାଳ ମଧ୍ୟରେ ତାହାର ମାତ୍ରା ଶୂନ୍ୟ ମାନରୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସର୍ବାଧିକ ମାନକୁ ବୃଦ୍ଧି ପାଇ ପୁନର୍ବାର ଶୂନ୍ୟ ମାନକୁ ହ୍ରାସ ପାଏ ତାହାହେଲେ ସେହି ପ୍ରବାହକୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ କୁହାଯାଏ । ଆଧୁନିକ ଯୁଗରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ଭୂମିକା ଖୁବ୍ ଗୁରୁତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ କାରଣ ଏହାର ଉତ୍ପାଦନ ଓ ପ୍ରେରଣ (Transmission) ସରଳ ପ୍ରବାହ (D. C.) ତୁଳନାରେ ଶସ୍ତା ଓ ସୁବିଧାଜନକ । ଆଜିକାଲି ବିଭିନ୍ନ ଦେଶରେ ଉତ୍ପାଦିତ ମୋଟ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତିର ଶତକଡ଼ା ପ୍ରାୟ 90 ଭାଗ ଏହି ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ଆକାରରେ ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ ।

19·2 ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦକ (A. C. Generator) :

ଯେଉଁ ଯନ୍ତ୍ର ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦନ କରାଯାଏ ତାହାକୁ ଡାଇନାମୋ (Dynamo) ବା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦକ କୁହାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତିର ବିନିମୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରେ ଓ ଏହା କାର୍ଯ୍ୟରୀତି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ଯଦି ଗୋଟିଏ ବନ୍ଦ କୁଣ୍ଡଳୀ କୌଣସି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଅବିରାମ ଘୂରେ ତାହାହେଲେ, ସେହି କୁଣ୍ଡଳୀସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ ଅବିରାମ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ଓ ଫଳରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ତତ୍ତ୍ୱ ଅନୁଯାୟୀ ସେଥିରେ ଏକ ବି. ଗ୍ନି. ବ. ତଥା ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଏବଂ କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତକୁ ଯଦି କୌଣସି ବାହ୍ୟପରିପଥ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ତାହାହେଲେ, ସେଥିରେ ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେବ ।

ଏହି ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉତ୍ପାଦକର (ଚିତ୍ର ନଂ 19·1) ପ୍ରଧାନ ଅଂଶଗୁଡ଼ିକ ଓ ସେମାନଙ୍କର କାର୍ଯ୍ୟ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଗଲା—

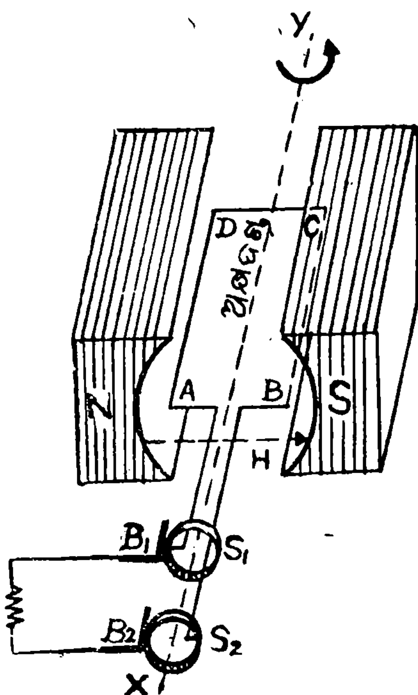
(a) **କ୍ଷେତ୍ରଚୁମ୍ବକ** (Field magnet) :— ଏହା ଗୋଟିଏ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ସ୍ଥାୟୀ ଘୋଡ଼ାନାଲ ଚୁମ୍ବକ (N S) ବା ଗୋଟିଏ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚୁମ୍ବକ ହୋଇପାରେ । ଏହି

ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ସୁଷମ (Uniform) ହୋଇଥାଏ । ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇମେରୁ ଉପରେ ଗୁଡ଼ାହୋଇଥିବା କୁଣ୍ଡଳୀକୁ କ୍ଷେତ୍ରକୁଣ୍ଡଳୀ (Field coil) କୁହାଯାଏ ।

(b) **ଆର୍ମେଚର (Armature)** :—ଏହା ଏକ ନରମଲୁହା ର ଅନ୍ତର (Core) ଉପରେ ଗୁଡ଼ାହୋଇଥିବା ବହୁ ଘେରାବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ତାରକୁଣ୍ଡଳୀ । କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ବଳ ସହିତ ସମକୋଣରେ ଥିବା ଏକ ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ତୈଳ କିମ୍ବା ବାଷ୍ପୀୟ ଇଞ୍ଜିନ୍ କିମ୍ବା ଜଳସ୍ରୋତ ଦ୍ୱାରା ଅବିରାମ ଘୂରେ । କୁଣ୍ଡଳୀର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ସମୟରେ ତାହାର ଅନ୍ତର ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ହେଉଥିବା ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ ନ୍ୟୂନ କରିବା ପାଇଁ ଅନ୍ତରଟିକୁ ପଟଳିତ କରାଯାଇଥାଏ ।

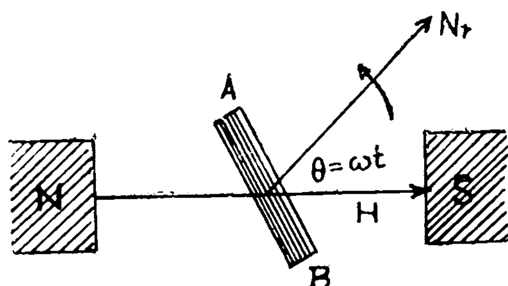
(c) **ସ୍ଖଳନବଳୟ** (Slip ring):—ଆର୍ମେଚର୍‌ର ଦୁଇ ପ୍ରାନ୍ତ ଧାତୁ ନିର୍ମିତ ଦୁଇଟି ବଳୟ S_1 S_2 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ ଓ ଏହି ବଳୟକୁ ସ୍ଖଳନବଳୟ କୁହାଯାଏ । ଏହି ବଳୟ କୁଣ୍ଡଳୀର ଅକ୍ଷ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ କିନ୍ତୁ ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡ ଓ ବଳୟ ପରସ୍ପରଠାରୁ ରୋଧିତ ହୋଇଥାଏ ।

(d) **ବ୍ରୁଶ୍** (Brush) :—ପ୍ରତ୍ୟେକ ବଳୟକୁ (Slip-ring) କାର୍ବନ୍ ନିର୍ମିତ ଏକ ବ୍ରୁଶ ସ୍ପର୍ଶ କରିଥାଏ ଏବଂ ଏହି ବ୍ରୁଶ୍ ଦ୍ୱୟକୁ (B_1 B_2) ବାହ୍ୟ-ପରିପଥ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ । ଆର୍ମେଚର ଘୂରିବାଦେଲେ ସେଥିରେ ଯେଉଁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ତାହା ସ୍ଖଳନବଳୟ ଓ ବ୍ରୁଶ୍ ମଧ୍ୟଦେଇ ବାହ୍ୟପରିପଥରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 19·1) [ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦକ]

ତତ୍ତ୍ୱ (Theory) :—କୁଣ୍ଡଳୀ $ABCD$ (ଚିତ୍ର ନଂ 19·1) ଯେତେବେଳେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ବଳ ସହିତ ସମକୋଣରେ ଥିବା ଅକ୍ଷ (XY) ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂରେ ସେତେବେଳେ ତାହା ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ-ପ୍ରବାହର (Flux) ପରିବର୍ତ୍ତନ ଯୋଗୁ ସେଥିରେ ଏକ ବି. ଗ୍ବ ବ. ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଓ ଫଳରେ ସେଥିରେ ଏକ ପ୍ରେରିତ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ।



ମନେକର,
H = ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା
A = କୁଣ୍ଡଳୀର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ
N = କୁଣ୍ଡଳୀର ଘେରାସଂଖ୍ୟା
θ = କୁଣ୍ଡଳୀର ସହିତ ଲମ୍ବ ଓ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ

(ଚିତ୍ର ନଂ 19·2)

କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଶ୍ଳିଷ୍ଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ

$$\phi = HAN \cos\theta$$

∴ ତାତ୍କାଳିକ ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ଲ. ବ.

$$E = -\frac{d\phi}{dt} = -HAN\frac{d}{dt}(\cos\theta)$$

$$= HAN\sin\theta\frac{d\theta}{dt}$$

ମନେକର କୋଣୀୟ ବେଗ $\frac{d\theta}{dt} = \omega$

କିମ୍ବା $d\theta = \omega dt$

$$\therefore \theta = \int_0^\theta d\theta = \int_0^t \omega dt = \omega t$$

$$\therefore E = HAN\omega\sin\omega t$$

$$= E_0 \sin\omega t \quad \cdots \quad \ldots \quad \ldots(19\cdot1)$$

ଏଠାରେ $E_0\ (=HAN\omega)$ ବି:ଗ୍ଲ: ବ:ର ସର୍ବାଧିକ ମାନ । ଯେତେବେଳେ $\theta=\frac{\pi}{2}$ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ କୁଣ୍ଡଳୀର ସମତଳ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ସହିତ ସମାନ୍ତର ହୁଏ, ସେତେବେଳେ ବି: ଗ୍ଲ: ବ: ସର୍ବାଧିକ ହୁଏ ।

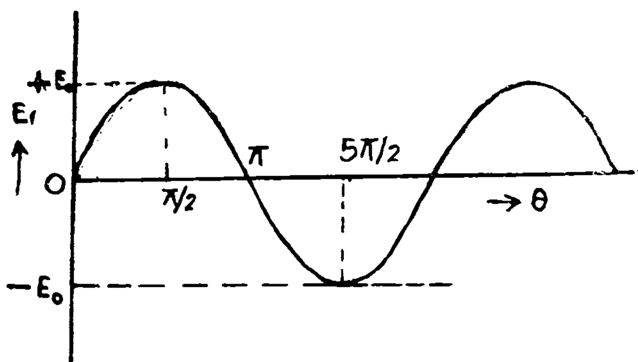
ତାତ୍କାଳିକ ପ୍ରେରିତ ପ୍ରବାହ $I = \frac{E}{R} = \frac{HAN\omega\sin\omega t}{R}$

$$= \frac{E_0}{R}\sin\omega t = I_0\sin\omega t \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots(19\cdot2)$$

ଏଠାରେ R = ପରିପଥର ରୋଧ ଓ I_0 = ସର୍ବାଧିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସୁତରାଂ ଯେତେବେଳେ $\theta = \frac{\pi}{2}$ ସେତେବେଳେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମଧ୍ୟ ସର୍ବାଧିକ ।

ସମୀକରଣ (19·1) ଓ (19·2)ରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଉଭୟ ବି: ଗ୍ଃ: ବ: ଓ ପ୍ରବାହ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ଓ ପ୍ରତି ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତକାଳରେ ସେମାନେ ଦିଗ ପରିବର୍ତ୍ତନ କରନ୍ତି । ସେଥିପାଇଁ ଏହି ବି: ଗ୍ଃ: ବ: ଓ ପ୍ରବାହକୁ ଯଥାକ୍ରମେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି: ଗ୍ଃ: ବ: ଓ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ କୁହାଯାଏ ।

କୁଣ୍ଡଳୀର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ ସମୟରେ କୋଣୀୟ ବିସ୍ଥାପନ θର (ରେଡ଼ିୟାନ୍ ମାପ) ବିଭିନ୍ନ ମାନ ପାଇଁ ପ୍ରେରିତ ବି: ଗ୍ଃ: ବ: ର ମାନ ଚିତ୍ର ନଂ (19·3) ରେ ଗ୍ରାଫ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 19·3)

ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦକ ଦୁଇପ୍ରକାର । ଏକପ୍ରକାର ଯନ୍ତ୍ରରେ କ୍ଷେତ୍ରଚୁମ୍ବକ ସ୍ଥିର ଓ କୁଣ୍ଡଳୀ ବା ଆର୍ମେଚର ଘୂର୍ଣ୍ଣନଶୀଳ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ପ୍ରକାର ଯନ୍ତ୍ରରେ ଆର୍ମେଚର ସ୍ଥିର ଓ କ୍ଷେତ୍ରଚୁମ୍ବକ ଘୂର୍ଣ୍ଣନଶୀଳ । ଯନ୍ତ୍ରର ଘୂର୍ଣ୍ଣନଶୀଳ ଅଂଶକୁ 'ରୋଟର୍' (Rotor) ଓ ସ୍ଥିର ଅଂଶକୁ 'ଷ୍ଟାଟର୍' (Stator) କୁହାଯାଏ ।

ଉଦାହରଣ (1) :— 4 ଓଏର୍ଷ୍ଟେଡ୍ ତୀବ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ 300 ଘେରା ଓ 10 ସେ: ମି: ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧ ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ସହିତ ସମକୋଣରେ ଥିବା ଏକ ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ମିନିଟ ପ୍ରତି 240 ଥର ଘୂରିଲେ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରେରିତ ସର୍ବାଧିକ ବି: ଗ୍ଃ: ବ: ର ମାନ ଭୋଲ୍ଟ ଏକକରେ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

$H = 4$ ଓଏର୍ଷ୍ଟେଡ୍, $R = 10$ ସେ: ମି:, $\omega = 2\pi f = 2\pi \times \frac{240}{60}$

ସମୀକରଣ (19·1) ଅନୁସାରେ

$E_0 = HAN\omega = 4 \times (\pi\ 10^2)\ 300 \times 2\pi\ \frac{240}{60}$

$= 96 \times 10^2 \times 10^2 \times \pi^2$

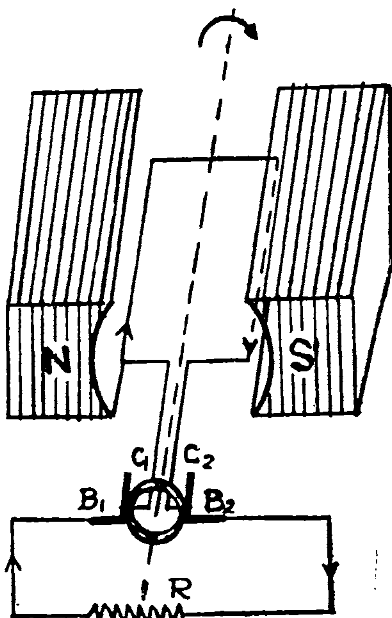
$= \cdot 0948 \times 10^8$ ବି ଚୁ ଏ:

$= \cdot 0948$ ଭୋଲ୍ଟ । (ଉତ୍ତର)

19·3 ସରଳ ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦକ (D. C. Generator) :

କୌଣସି ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଗୋଟିଏ ଆର୍ମେଚର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କଲେ ଯେଉଁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ ତାହାକୁ ଗୋଟିଏ କମ୍ୟୁଟେଟର୍ (Commutator) ସାହାଯ୍ୟରେ ଏକାଭିମୁଖୀ କରାଯାଇପାରେ ଓ ଏହି ପ୍ରବାହକୁ ସରଳ ପ୍ରବାହ (Direct current) କୁହାଯାଏ । ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହକୁ ସରଳ ପ୍ରବାହରେ ପରିଣତ କରିବା କ୍ରିୟାକୁ **'ସରଳ କରଣ'** ବା ରେକ୍ଟିଫିକେସନ୍ (Rectification) କୁହାଯାଏ ।

ସରଳ ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦକର (ଚିତ୍ର ନଂ 19·4) ଗଠନ ଓ କାର୍ଯ୍ୟ ପ୍ରାୟ ଠିକ୍ ପ୍ରାୟ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦକ ସଦୃଶ ; କେବଳ ଏଠାରେ ଆର୍ମେଚର୍‌ର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତକୁ ସ୍ଲିପ୍ ରିଙ୍ଗ (Slip ring) ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ନ କରି ଗୋଟିଏ **'ବିପାଟିତ ବଳୟ କମ୍ୟୁଟେଟର୍'**ର (Split-ring Commutator) ଦୁଇ ଅର୍ଦ୍ଧାଂଶ C_1 ଓ C_2 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଇଥାଏ । ଏହି ବିପାଟିତ ବଳୟଟି ତମ୍ବାରେ ତିଆରି ଓ ତାହାର ଦୁଇଅର୍ଦ୍ଧାଂଶ ପରସ୍ପରଠାରୁ ରୋଧିତ । ଏହି କମ୍ୟୁଟେଟର୍ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରଧାନ ଅକ୍ଷ (Main shaft) ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କିନ୍ତୁ ତାହାଠାରୁ ରୋଧିତ ହୋଇଥାଏ । କୁଣ୍ଡଳୀର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳରେ ବ୍ରଶ B_1 ସହିତ କମ୍ୟୁଟେଟର୍‌ର ଗୋଟିଏ ଅର୍ଦ୍ଧାଂଶ C_1 ସ୍ପର୍ଶରେ ଆସିଲେ ପରବର୍ତ୍ତୀ ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳରେ ଅନ୍ୟ ଅର୍ଦ୍ଧାଂଶ C_2 ସ୍ପର୍ଶରେ ଆସେ । ତେଣୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳରେ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହ

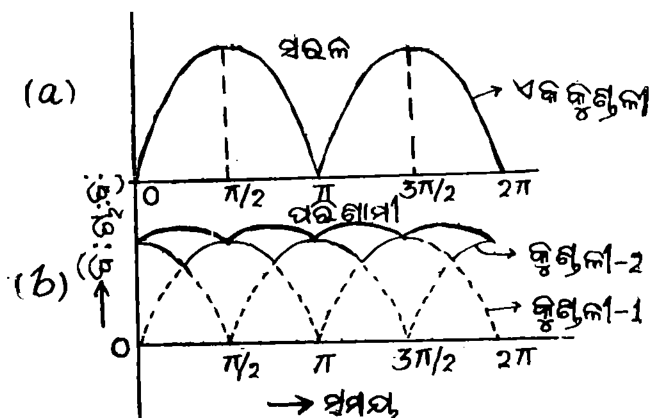


(ଚିତ୍ର ନଂ 19·4, ସରଳ ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦକ)

ବିପରୀତମୁଖୀ ହେଉଥିଲେ ହେଁ ବାହ୍ୟପରିପଥରେ ଉଭୟ ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତନକାଳରେ ତାହା ସମମୁଖୀ ହୁଏ, ଅର୍ଥାତ୍ ବାହ୍ୟ ପରିପଥରେ ସରଳ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ।

ଉପରୋକ୍ତ କ୍ଷେତ୍ରରେ (ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ସରଳପ୍ରବାହ ଡାଇନାମୋ) ଯଦିଓ ବାହ୍ୟ ପରିପଥରେ ପ୍ରେରିତ ବି: ଗ୍ର: ବ: ବା ପ୍ରବାହ ଏକମୁଖୀ ହୁଏ, ତାହାର ମାନ କିନ୍ତୁ ପ୍ରତ୍ୟେକ ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳରେ ଶୂନ୍ୟ ମାନରୁ ସର୍ବାଧିକ ମାନକୁ ବୃଦ୍ଧିପାଇ ପୁନର୍ବାର ଶୂନ୍ୟ ମାନକୁ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଚିତ୍ର ନଂ (19.5a) ରେ ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ସରଳ ପ୍ରବାହ ଡାଇନାମୋରେ କୁଣ୍ଡଳୀର ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆବର୍ତ୍ତନକାଳରେ କୌଣିକ ବିସ୍ଥାପନ ସହିତ ବି: ଗ୍ର: ବ: (ବା ପ୍ରବାହ) ଯେପରି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ତାହା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏହିପ୍ରକାର ବି: ଗ୍ର: ବ: କୁ **ପ୍ରତିସ୍ପନ୍ଦୀ** (Pulsating) ବି: ଗ୍ର: ବ: କୁହାଯାଏ । ଏହିପରି ଭାବରେ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥିବା ସରଳ ପ୍ରବାହମାନଙ୍କୁ କୌଣସି କାର୍ଯ୍ୟରେ ନିୟୋଗ କରିବା ସମୀଚୀନ ନୁହେଁ ଓ ତେଣୁ ଏହି ପ୍ରବାହମାନଙ୍କୁ ସ୍ଥିରମାନ ବିଶିଷ୍ଟ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ଆର୍ମେଚର୍‌ରେ ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀ ବଦଳରେ ଯଦି ପରସ୍ପର ସମକୋଣରେ ଥିବା ଓ ଏକ ଅକ୍ଷ ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇଥିବା ଦୁଇଟି ସମାନ କୁଣ୍ଡଳୀ ନିଆଯାଏ ଏବଂ ଚାରି ସମାନ ଭାଗରେ ବିଭକ୍ତ ହୋଇଥିବା ଗୋଟିଏ ବିପାଟିତ ବଳୟ କମ୍ୟୁଟେଟର୍‌ର କୌଣସି



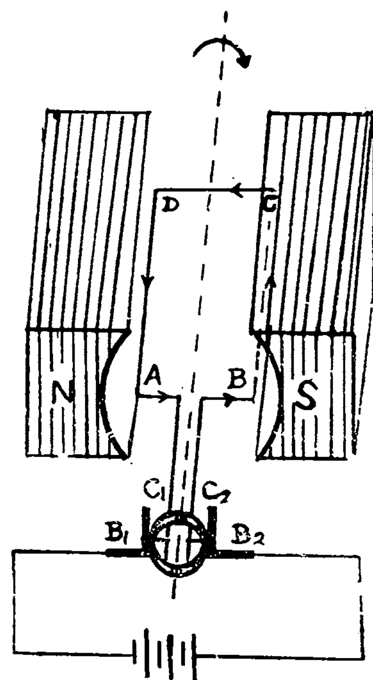
(ଚିତ୍ର ନଂ 19·5)

ଦୁଇ ବିପରୀତ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ସହିତ ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତକୁ ଓ ଅବଶିଷ୍ଟ ଦୁଇ ବିପରୀତ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ସହିତ ଅନ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତକୁ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ, ତାହାହେଲେ ବୃତ୍ତିରୁ ବାହ୍ୟପରିପଥକୁ ଆବର୍ତ୍ତିକାଳର ଏକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ସମୟରେ ପ୍ରବାହ ଆରମ୍ଭ ହେବ । ଏହା ଫଳରେ ପ୍ରବାହମାନର ପରିବର୍ତ୍ତନ ବା ସ୍ପନ୍ଦନ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଚିତ୍ର ନଂ·[12·5 (b)]ରେ ଦୁଇକୁଣ୍ଡଳୀବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସରଳ ପ୍ରବାହ ଡାଇନାମୋର

ଆର୍ମେଚର୍‌ର ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳରେ ଉଭୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ଯୋଗୁ ବି. ଗ୍ର. ବ. (ବା ପ୍ରବାହ) କୋଣୀୟ ବିସ୍ଥାପନ ସହିତ ଯେପରି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ତାହା ବକ୍ରରେଖା ଦ୍ୱାରା ଓ ପରିଣାମୀ ବି. ଗ୍ର. ବ. ପୂର୍ଣ୍ଣରେଖାଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ଏଠାରେ ପରିଣାମୀ ବି. ଗ୍ର. ବ.ର ମାନ ପ୍ରାୟ ସ୍ଥିର । ଏହାର ମାନ ଆହୁରି ସ୍ଥିର କରିବା ପାଇଁ ଆର୍ମେଚରରେ ସମାନ କୋଣରେ ଆନତ ବହୁସଂଖ୍ୟକ କୁଣ୍ଡଳୀ ଓ ବିପାଟିତ ବଳୟ କମ୍ୟୁଟେଟର୍‌ରେ କୁଣ୍ଡଳୀ ସଂଖ୍ୟାର ଦୁଇଗୁଣ ପରସ୍ପର ରୋଧିତ ବୃତ୍ତାଂଶ (Sector) ଦିଆଯାଏ ।

19·4 ସରଳ ପ୍ରବାହ ମୋଟର (D. C. Motor) :

ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଶକ୍ତି ବିନିମୟରେ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ଉତ୍ପାଦନ କରେ । ତେଣୁ ଏହା ଡାଇନାମୋର ଠିକ୍ ବିପରୀତ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ର (ଚିତ୍ର ନଂ 19·6) ଡାଇନାମୋ ସଦୃଶ (*i*) ଗୋଟିଏ କ୍ଷେତ୍ର ଚୁମ୍ବକ *NS* (*ii*) ଗୋଟିଏ ଆର୍ମେଚର *ABCD*, (*iii*) କମ୍ୟୁଟେଟର୍ C_1 C_2 ଓ (*iv*) କାର୍ବନ୍ ବ୍ରଶ୍ B_1 B_2 ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ । ଚୁମ୍ବକର ଦୁଇମେରୁ ମଧ୍ୟରେ ଥିବା ତାର କୁଣ୍ଡଳୀ (ଆର୍ମେଚର) ମଧ୍ୟରେ ସରଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ କୁଣ୍ଡଳୀ ଉପରେ ଫ୍ଲେମିଙ୍ଗଙ୍କ ବାମହସ୍ତ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ଏକ ଯୁଗଳ (Couple) କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ଏହି ଯୁଗଳ କୁଣ୍ଡଳୀଟିକୁ ଘୂରାଇ ତାହାର ସମତଳକୁ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ସହିତ ଲମ୍ବ ଭାବରେ ସ୍ଥାପନ କରିବାକୁ ପ୍ରବୃତ୍ତ ହୁଏ । କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଏହି ଅବସ୍ଥାନରେ ପହଞ୍ଚିବାବେଳେ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହର ଦିଗ କମ୍ୟୁଟେଟର୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ବିପରୀତ କରାଯାଏ ଓ ଏହା ଫଳରେ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ପୁଣି 180° ଘୂରିଯାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାନରେ ପୁଣି ପ୍ରବାହର ଦିଗ ବିପରୀତ କରାଯାଏ ଓ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ପୁଣି 180° ଘୂରେ । ଏହିପରି ଭାବରେ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ସରଳ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଲେ କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଅବିରାମ ଘୂରେ । କିନ୍ତୁ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ବିଶିଷ୍ଟ ମୋଟର୍‌ରେ କୁଣ୍ଡଳୀର କୋଣୀୟ ବେଗ ସମାନ ରହେ ନାହିଁ । ତେଣୁ ଏହି ଘୂର୍ଣ୍ଣନକୁ ମସୃଣ (Smooth) କରିବା ପାଇଁ ଅର୍ଥାତ୍ କୁଣ୍ଡଳୀର କୋଣୀୟ ବେଗକୁ



(ଚିତ୍ର ନଂ 19·6)
[ସରଳ ପ୍ରବାହ ମୋଟର]

ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କରିବା ପାଇଁ ଆର୍ମେଚରରେ ସମାନ କୋଣରେ ଆନତ ଓ ଏକ ଅକ୍ଷଦଣ୍ଡ ଉପରେ ସ୍ଥାପିତ ବହୁ ସଂଖ୍ୟାକ କୁଣ୍ଡଳୀ ନିଆଯାଏ । ଗୋଟିଏ ଆଧୁନିକ ସରଳ ପ୍ରବାହ ମୋଟର୍‌ରେ ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀଗୁଡ଼ିକ ଗୋଟିଏ ନରମ ଲୁହା ତଥା ସିଲିଣ୍ଡର ଆକୃତିର ଡ୍ରମ୍ (Drum) ଉପରେ ତାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଦିଗରେ କଟା ହୋଇଥିବା ନାଳ (Groove) ଉପରେ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ ହୋଇ ଗୁଡ଼ା ହୋଇଥାଏ ଓ ତେଣୁ ତାହାର ଦୈର୍ଘ୍ୟ ଡ୍ରମ୍‌ର ଅକ୍ଷ ସହିତ ସମାନ୍ତର ହୁଏ ।

ମୋଟର୍‌ର ପଶ୍ଚାତ୍ ବି ଗୁ.ବ. (Back e. m. f. in Motor).—ମୋଟର୍‌ରେ ଥିବା ଆର୍ମେଚର କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଘୂରିବାବେଳେ ଜନ୍ମଧରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ଯୋଗୁ ଏକ ବି. ଗୁ. ବ. ପ୍ରେରିତ ହୁଏ । ଏହି ପ୍ରେରିତ ବି. ଗୁ. ବ. ମୋଟର୍‌ର ବୁଶ୍‌ଠାରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବାହ୍ୟ ବି. ଗୁ. ବ.ର ବିପରୀତ ଦିଗରେ କାର୍ଯ୍ୟକରେ । ତେଣୁ ଏହାକୁ ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଗୁ. ବ କୁହାଯାଏ ଓ ତାହାର ମାନ ମୋଟର ଆର୍ମେଚର୍‌ର କୌଣିକ ବେଗ ବୃଦ୍ଧି ପାଇବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ, ତେଣୁ ମୋଟର୍‌ଟି ଭାର (Load) ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ ହୋଇ ନ ଥିବାବେଳେ ଆର୍ମେଚର୍‌ର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ ପାଏ ।

ମନେକର, V = ବୁଶ୍‌ଠାରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି. ଗୁ. ବ

E = ପ୍ରେରିତ ବି. ଗୁ. ବ.

R = ଆର୍ମେଚର କୁଣ୍ଡଳୀର ରୋଧ

I = ଆର୍ମେଚର୍‌ର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

$$\therefore \quad V - E = IR \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots (19{\cdot}3)$$

କିମ୍ବା $$I = \frac{V - E}{R} \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots (19{\cdot}4)$$

ଆର୍ମେଚର କୁଣ୍ଡଳୀ ଉପରେ କ୍ରିୟା କରୁଥିବା ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ

$$T = \mu HAN = I\mu HAN\left[\frac{V - E}{R}\right] \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots (19{\cdot}5)$$

(ଏଠାରେ H = ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ତୀବ୍ରତା, A = କୁଣ୍ଡଳୀର କ୍ଷେତ୍ରଫଳ, N = ଘେରସଂଖ୍ୟା ଓ μ = ଅନ୍ତରର ପ୍ରବେଶ୍ୟତା) ।

ଆର୍ମେଚର୍‌ରେ ପଶ୍ଚାଦ୍ଧ ବି. ଗ୍ର. ବ. ଯୋଗୁ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ ପାଇଲେ ତାହା ନିଘ ଘୂରୁଥିବା ଯୁଗଳର ଆଘୂର୍ଣ୍ଣ ମଧ୍ୟ ହ୍ରାସ ପାଏ । ଯେଉଁ ମୋଟରଟି ଯଦ ବାହ୍ୟ ଭାର (Load) ସହିତ ସଯୁକ୍ତ ହୋଇ ନଥାଏ ତାହାହେଲେ ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ର. ବ. (E) ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି. ଗ୍ର. ବ. (V) ସହିତ ସମାନ ହେବା ପର୍ଯ୍ୟନ୍ତ ତାହାର ବେଗ ବୃଦ୍ଧି ପାଏ । ଏହି ଅବସ୍ଥାରେ ତାହା ଏକ ସ୍ଥିର (Constant) ବେଗରେ ଘୂରେ ଓ ବାହ୍ୟ ଉତ୍ସରୁ ତନ୍ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ନାହିଁ ଏବଂ ତେଣୁ ଏହା କୌଣସି ଶକ୍ତି ବ୍ୟୟ କରେ ନାହିଁ କିମ୍ବା କୌଣସି କାର୍ଯ୍ୟ କରେନାହିଁ । ମୋଟର ଏହି ଘୂର୍ଣ୍ଣନକୁ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ଘୂର୍ଣ୍ଣନ (Idle rotation) କୁହାଯାଏ ବର୍ତ୍ତମାନ ଆର୍ମେଚର ସହିତ ଭାର (Load) ସଯୁକ୍ତ ହେଲେ ତାହାର ବେଗ ଓ ତେଣୁ ପଶ୍ଚାଦ୍ ବି ଗ୍ର ବ. ହ୍ରାସ ପାଏ ଏବଂ କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧି ପାଏ ।

ସମୀକରଣ (19·3) ସହିତ I ଗୁଣନ କର

$$VI = I^2R + EI \quad \cdots \qquad (19·6)$$

ଏଠାରେ VI = ଉତ୍ସ ଯୋଗାଉଥିବା କ୍ଷମତା

I^2R = କ୍ଷୟପ୍ରାପ୍ତ ଜୁଲତାପ କ୍ଷମତା

EI = କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଘୂରାଇବା ପାଇଁ ଯାନ୍ତ୍ରିକ କ୍ଷମତା

ମୋଟର୍‌ର ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଦକ୍ଷତା (Electrical efficiency)

$$E = \frac{\text{ଉତ୍ପାଦିତ ଯାନ୍ତ୍ରିକ କ୍ଷମତା}}{\text{ଉତ୍ସ ଯୋଗାଉଥିବା ବୈଦ୍ୟୁତିକ କ୍ଷମତା}}$$

$$= \frac{EI}{VI} = \frac{E}{V} = \frac{\text{ପଶ୍ଚାଦ୍ଧ ବି ଗ୍ର. ବ.}}{\text{ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି. ଗ୍ର. ବ.}} \qquad (19·7)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଯେତେବେଳେ $E = V$, ସେତେବେଳେ ଦକ୍ଷତା ସର୍ବାଧିକ (100 %) କିନ୍ତୁ ପୂର୍ବରୁ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି ଯେ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ମୋଟର କୌଣସି କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ନାହିଁ କାରଣ ସେତେବେଳେ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଯାଏ ।

ଉତ୍ପାଦିତ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ସର୍ବାଧିକ ହେବ ଯେତେବେଳେ

$$EI = \text{ସର୍ବାଧିକ}$$

$$\text{ବା} = E\left(\frac{V-E}{R}\right) = \text{ସର୍ବାଧିକ}$$

$$\text{ବା} \quad (V-E)\frac{dE}{R} - \frac{E}{R}dE = 0 \quad \text{(ଅବକଳନଦ୍ୱାରା)}$$

$$\text{ବା} \quad V - 2E = 0$$

$$\text{ବା} \quad E = \frac{V}{2} \quad \ldots \quad \ldots. \quad \ldots \quad (19{\cdot}8)$$

ସୁତରାଂ ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍. ବ. ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି. ଗ୍. ବ.ର ଅର୍ଦ୍ଧେକ ହେଲେ ଉତ୍ପାଦିତ ଯାନ୍ତ୍ରିକ ଶକ୍ତି ସର୍ବାଧିକ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଏହି ପରିସ୍ଥିତିରେ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଖୁବ୍ ଅଧିକ ହେଉଥିବାରୁ ତାହା ଅଳ୍ପ ରୋଧ ଯୁକ୍ତ କୁଣ୍ଡଳୀ ତାରକୁ ପୋଡ଼ିଦିଏ । ସେଥିପାଇଁ ବାସ୍ତବକ୍ଷେତ୍ରରେ ପାଶ୍ଚାତ୍ତ୍ୟ ବି. ଗ୍. ବ କୁ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି. ଗ୍. ବ ର ପ୍ରାୟ 90 % କରାଯାଏ । କପର ଅପଚୟ (Coppor loss) ବା ଜୁଲ୍ ତାପ ଅପଚୟ କମ୍ ହେବାପାଇଁ କୁଣ୍ଡଳୀ ରୋଧ କମ୍ କରାଯାଏ ।

ମୋଟର ଚଳାଇବାବେଳେ ଆରମ୍ଭରେ ଯେତେବେଳେ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ବାହ୍ୟ ବି ଗ୍ ବ. ଘୂର୍ଣ୍ଣିମାତ୍ରାରେ ପ୍ରୟୋଗ କରାଯାଏ ସେତେବେଳେ ପଶ୍ଚାତ ବି. ଗ୍. ବ. ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଥିବାରୁ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ତାହା କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ପୋଡ଼ିଦିଏ । ସେଥିପାଇଁ ଆରମ୍ଭରେ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ଏକ ଉଚ୍ଚ ମାନର ପରିବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ରୋଧ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ଏହି ରୋଧକୁ **"ଆରମ୍ଭକ ରୋଧ"** (Startor Resistance) କୁହାଯାଏ । ଯେତେବେଳେ କୁଣ୍ଡଳୀର କୋଣୀୟ ବେଗ କ୍ରମେ ବୃଦ୍ଧିପାଏ ଓ ପଶ୍ଚାତ୍ ବି.ଗ୍ ବ.ର ବୃଦ୍ଧି ଯୋଗୁ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ ପାଏ, ସେତେବେଳେ ଆରମ୍ଭକ ରୋଧକୁ କ୍ରମେ ପ୍ରତ୍ୟାହାର କରି ନିଆଯାଏ ।

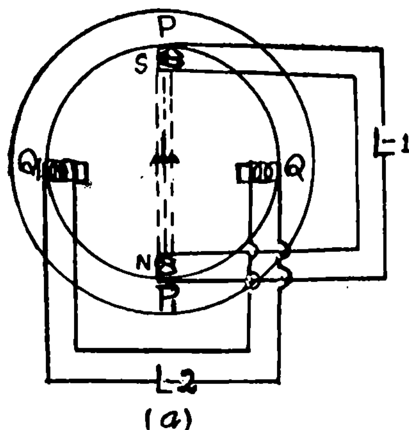
19·5 ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ମୋଟର (A. C. Motor) :

ଏହି ମୋଟର ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ତେଣୁ ଏହାକୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ମୋଟର କୁହାଯାଏ । ଏହାର ଗଠନ ଓ କାର୍ଯ୍ୟରୀତି ସରଳପ୍ରବାହ ମୋଟରଠାରୁ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଜଟିଳ । ଏହା ପ୍ରଧାନତଃ ଦୁଇ ପ୍ରକାର, (*i*) ପ୍ରେରଣ ମୋଟର (Induction motor) ଓ (*ii*) ସମକାଳିକ ମୋଟର (Synchronies motor) ।

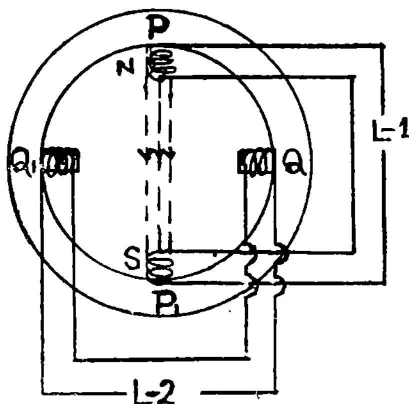
ପ୍ରେରଣ ମୋଟର (Induction motor)—ବୈଜ୍ଞାନିକ ନିକୋଲ ଟେସଲା (Nikola Tesla) 1888 ଖ୍ରୀଷ୍ଟାବ୍ଦରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରଣ ମୋଟର ପ୍ରଥମେ ଉଦ୍ଭାବନ କରିଥିଲେ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ ଦୁଇପ୍ରକାର କୁଣ୍ଡଳୀ ଥାଏ, ଯଥା (i) ଷ୍ଟେଟର୍ କୁଣ୍ଡଳୀ (Stator winding) ଓ (ii) ରୋଟର୍ କୁଣ୍ଡଳୀ (Rotor windnig) । ଷ୍ଟେଟର୍ କୁଣ୍ଡଳୀ ସ୍ଥିର ଓ ରୋଟର୍ କୁଣ୍ଡଳୀ ଘୂର୍ଣ୍ଣନଶୀଳ । ଷ୍ଟେଟର୍ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେବା ଦ୍ୱାରା ରୋଟର୍‌ରେ ପ୍ରବାହ ପ୍ରେରିତ ହୁଏ ଓ ତେଣୁ ଏହି ମୋଟରକୁ ପ୍ରେରଣ ମୋଟର କୁହାଯାଏ ଏଠାରେ ଷ୍ଟେଟର୍ କୁଣ୍ଡଳୀ ସଷ୍ଟି ମଧ୍ୟରେ ଏକ ବା ଏକାଧିକ କଳା (Single or Polyphase) ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେବା ଫଳରେ ତାହା ଦ୍ୱାରା ଉଦ୍ଭବ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଏକ ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଆବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ଏବଂ ଏହାଦ୍ୱାରା ଏହି ଆବର୍ତ୍ତି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର (Rotating magnetic field)ର କେନ୍ଦ୍ର ଭାଗରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ବନ୍ଦ କୁଣ୍ଡଳୀ ବା ପରିବାହୀ ଘୂରିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ।

ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର ଷ୍ଟେଟର୍ ଗୋଟିଏ ନରମ ଲୁହାର ବଳୟ (ଚିତ୍ର ନଂ 19·7) ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ଏହି ବଳୟର ଭିତର ପାଖରେ ଚାରିଗୋଟି ବହିର୍ଗତ ମେରୁଖଣ୍ଡ (Projecting Pole pieces) $P\ P_1\ Q\ Q_1$ ଥାଏ ଏବଂ ଏଠାରେ P ମେରୁଦଣ୍ଡ P_1ର ଓ Q ମେରୁଖଣ୍ଡ Q_1ର ସମ୍ମୁଖୀନ । $P\ P_1$ର କ୍ଷେତ୍ର କୁଣ୍ଡଳୀ (field coil) ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ଲାଇନ ନଂ 2 ଓ QQ_1ର କ୍ଷେତ୍ର କୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ଲାଇନ ନଂ 1 ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ । ମନେକର 90° କଳା ତାରତମ୍ୟ (Phase difference) ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ଦ୍ୱିକଳା (Two Phase) ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ଏକ କଳା ଲାଇନ ନଂ-1ରେ ଅର୍ଥାତ୍ QQ_1 କ୍ଷେତ୍ରକୁଣ୍ଡଳୀରେ ଓ ଅପର କଳା ଲାଇନ ନଂ 2ରେ ଅର୍ଥାତ୍ PP_1 କ୍ଷେତ୍ର କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ତେଣୁ ଲାଇନ-2ରୁ PP_1 କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯେତେବେଳେ ସର୍ବାଧିକ ସେତେବେଳେ ଲାଇନ୍ ନଂ 1ରୁ QQ_1 କୁଣ୍ଡଳୀ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସର୍ବନିମ୍ନ । ଏହି ସମୟରେ P ଓ P_1 ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର SN [ଚିତ୍ର ନଂ 19·7(a)] ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ । QQ_1 ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ନ ଥାଏ । ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଦିଗ ତୀରଚିହ୍ନଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି, ଏହାପରେ ଲାଇନ ନଂ-2ରେ ଅର୍ଥାତ୍ PP_1 ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ତଥା ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ହ୍ରାସ ପାଇବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ ଓ ସେହି ସମୟରେ ଲାଇନ ନଂ 1ରେ ଅର୍ଥାତ୍ QQ_1 ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ତଥା ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ବୃଦ୍ଧି ପାଇବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ପ୍ରବାହର ଏକ ଚତୁର୍ଥାଂଶ ଚକ୍ର ଗତି (One fourth of a cycle) କାଳରେ QQ_1 ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର SN ଉଦ୍ଭବ ହେବ ଓ PP_1 ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଲୋପ ପାଇବ । ଏହି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଚିତ୍ର ନଂ [19·7(b)]ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ପ୍ରବାହର ଅର୍ଦ୍ଧ ଚକ୍ରଗତିକାଳରେ PP_1

ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକ କ୍ଷେତ୍ର NS ଉଦ୍ଭବ ହେବ ଓ ତାହାର ଦିଗ ପୂର୍ବେ PP ମଧ୍ୟରେ ଉଦ୍ଭବ ହୋଇଥିବା ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଠିକ୍ ବିପରୀତ । ଏହା ଚିତ୍ର ନଂ [19·7(c)] ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏହି ସମୟରେ QQ_1 ମଧ୍ୟରେ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଲୋପ ପାଏ ।



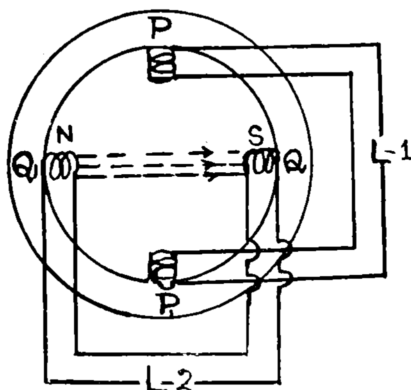
(ଚିତ୍ର ନଂ 19 7 a)



(ଚିତ୍ର ନଂ 19.7b)

ପ୍ରବାହର ପୂର୍ଣ୍ଣ ଚକ୍ରଗତି କାଳରେ PP_1 ମଧ୍ୟରେ ଉଦ୍ଭବ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ରର ଅଭିମୁଖ ତାହାର ପ୍ରାରମ୍ଭିକ ଅବସ୍ଥାକୁ ଫେରିଆସେ । ଏହି ପ୍ରକ୍ରିୟାର ପୁନରାବୃତ୍ତି ଫଳରେ ବଳୟର ସମତଳ ସହିତ ଲମ୍ବ ଓ ତାହାର କେନ୍ଦ୍ର ମଧ୍ୟଦେଇ ଯାଇଥିବା ଏକ ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ଘୂରେ ।

ବର୍ତ୍ତମାନ ଯଦି ବଳୟର କେନ୍ଦ୍ରଭାଗରେ ଗୋଟିଏ ବନ୍ଦ ପରିବାହୀ ବା କୁଣ୍ଡଳୀ ସ୍ଥାପିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ସେହି କୁଣ୍ଡଳୀଟି ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଯେଉଁ ଦିଗରେ ଘୂରେ ସେହି ଦିଗରେ ଘୂରିବାକୁ ଆରମ୍ଭ କରେ । ଏହାହିଁ ପ୍ରେରଣ ମୋଟରର କାର୍ଯ୍ୟନୀତି ।

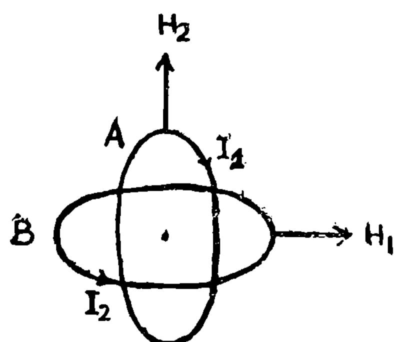


(ଚିତ୍ର ନଂ 19·7 c)

19·5(a) ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଆବର୍ତ୍ତନର ଗାଣିତିକ ତତ୍ତ୍ୱ :

ମନେକର ଭୂଲମ୍ବ ଓ ଭୂସମାନ୍ତର ଭାବରେ ସ୍ଥାପିତ କୁଣ୍ଡଳୀ A ଓ B (ଚିତ୍ର ନଂ 19·8) ମଧ୍ୟରେ ଯଥାକ୍ରମେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହମାନ I_1 ଓ I_2 ପ୍ରବାହିତ ହେଉଛି

ଏବଂ ଦୁଇ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ବିସ୍ତାର (Amplitude) ସମାନ କିନ୍ତୁ କଳା-ତାରତମ୍ୟ (Phase difference)$=\frac{\pi}{2}$ । ଏହି ଦୁଇ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯୋଗୁ କୌଣସି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ଉଦ୍ଭବ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର H_1 ଓ H_2ର ଦିଗ ତୀର ଚିହ୍ନ ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି ଓ ସେମାନେ ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 19·8)

ମନେକର, $I_1=I_o \sin\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right)$

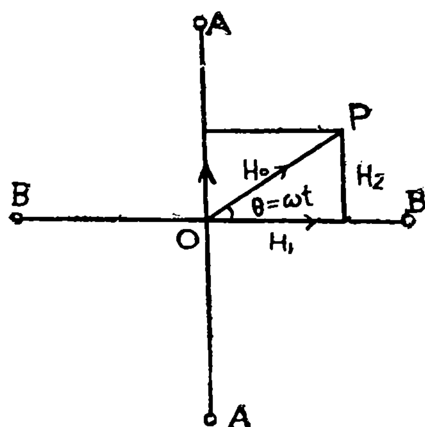
ଏବଂ $I_2=I_o \sin \omega t$

ଏଠାରେ I_o=ସର୍ବାଧିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଓ $\frac{\pi}{2}$ = କଳା ତାରତମ୍ୟ ପ୍ରବାହ ଓ ତାହାଦ୍ୱାରା ଉଦ୍ଭବ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ଏକ କଳା (Same Phase) ରହୁଥିବାରୁ,

$$H_1=H_o \sin\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right)=H_o \cos \omega t \cdots \quad \cdots \quad (19{\cdot}9)$$

$$H_2=H_o \sin \omega t \ \ldots \quad \ldots \quad \cdots(19{\cdot}10)$$

ଏହି ଦୁଇ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର (ଚିତ୍ର ନଂ 19·9) ପରସ୍ପର ପ୍ରତି ଲମ୍ବ ହୋଇଥିବାରୁ ସେମାନଙ୍କର ପରିଣାମୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର



(ଚିତ୍ର ନଂ 19·9)

$$H=\sqrt{H_1^2+H_2^2}$$
$$=\sqrt{H_o^2\cos^2\omega t+H_o^2\sin^2\omega t}$$
$$=H_o$$

H_o ଓ H_1ର ଅନ୍ତର୍ଗତ କୋଣ ଯଦି θ ହୁଏ

$$\tan\theta=\frac{H_2}{H_1}=\frac{H_o \sin \omega t}{H_o \cos \omega t}$$
$$=\tan \omega t$$
$$\therefore \theta=\omega t \cdots \quad \cdots (19{\cdot}10)$$

t ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେବା ସଙ୍ଗେ ସଙ୍ଗେ θ ମଧ୍ୟ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ଓ ତେଣୁ ପରିଣାମୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର Hର ଦିଗ ମଧ୍ୟ

ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ ସ୍ଥିର ମାନ ବିଶିଷ୍ଟ ପରିଣାମୀ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର କୋଣୀୟ ବେଗ ω ସହିତ ବାମାବର୍ତ୍ତୀ ଖଣ୍ଡରେ ଘୂରେ ।

୧୨.୮ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ପ୍ରେରଣ (Transmission of electrical energy) :

ଆଧୁନିକ ଯୁଗରେ ବିଭିନ୍ନ କାର୍ଯ୍ୟପାଇଁ ବହୁପରିମାଣ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ବ୍ୟବହାର କରାଯାଉଥିବା ଦୃଷ୍ଟିରୁ ତାହା ଖୁବ୍ ଶସ୍ତା ଓ ସୁଲଭ ହେବା ଦରକାର । ସେଥିପାଇଁ ଜଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଉତ୍ପାଦନ କେନ୍ଦ୍ର କିମ୍ବା ତାପଜ କେନ୍ଦ୍ରରେ ଖୁବ୍ କମ୍ ଖର୍ଚ୍ଚରେ ଉତ୍ପାଦିତ ହେଉଥିବା ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ଦୂରଦୂରାନ୍ତରେ ଅବସ୍ଥିତ ଗ୍ରାମ, ସହର ତଥା କଳକାରଖାନା-ମାନଙ୍କୁ ଯୋଗାଇ ଦେବାପାଇଁ ଯେପରି ପ୍ରେରଣ ଖର୍ଚ୍ଚ (Transmission cost) କମ୍ ହୁଏ ଓ ସେ ସମୟରେ ଯେପରି କମ୍ ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହୁଏ, ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦେବା ଏକାନ୍ତ ଆବଶ୍ୟକ ।

ଦୂର ସ୍ଥାନକୁ ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଶକ୍ତି ପ୍ରେରଣ କରିବା ସମୟରେ ସୁଦୀର୍ଘ ଲାଇନ୍ ତାରର ରୋଧ ଅଧିକ ହେଉଥିବାରୁ ବିଭବ ପାତନ (Voltage drop) ଘଟେ । ତେଣୁ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନର ଭୋଲ୍‌ଟେଜ ଉତ୍ପାଦନ କେନ୍ଦ୍ରର ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍‌ଠାରୁ ଖୁବ୍ କମ୍ ହେବା ସ୍ୱାଭାବିକ । ପୁନଶ୍ଚ ଲାଇନ୍ ତାରର ରୋଧ ଅଧିକ ହେଉଥିବାରୁ ପ୍ରେରଣ ସମୟରେ ଜୁଲ୍‌ତାପ ଉଦ୍ଭବ ହେବା ଫଳରେ ବହୁ ପରିମାଣ ଶକ୍ତି ମଧ୍ୟ ଅପଚୟ (Copper loss = I^2R) ହୁଏ । ତେଣୁ ପ୍ରେରଣ ସମୟରେ ଶକ୍ତିର ହ୍ରାସ କମ୍ କରିବା ପାଇଁ ଓ ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପରିମାଣ ଶକ୍ତି ଯେପରି ମିଳେ ସେଥିପାଇଁ ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଷୟଗୁଡ଼ିକ ବିଚାର୍ଯ୍ୟ ।

ମନେକର, E = ଉତ୍ପାଦନ କେନ୍ଦ୍ରରେ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍

I = ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

ତେଣୁ EI = ଉତ୍ପାଦନ କେନ୍ଦ୍ରରେ କ୍ଷମତା ପରିମାଣ

ମନେକର, R = ଲାଇନ ତାରର ରୋଧ

ତେଣୁ, RI = ବିଭବ ପାତନ

$(E - IR)$ = ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ

$I(E - IR)$ = ଉଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ମିଳୁଥିବା ଶକ୍ତି = W (ମନେକର)

I^2R = ଶକ୍ତିର ଅପଚୟ

ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହ୍ରାସ କରିବାପାଇଁ Rର ମାନ ଖୁବ୍ କମ୍ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଅର୍ଥାତ୍ ଲାଇନ ତାର ଖୁବ୍ ମୋଟା ହେବା ଦରକାର କିନ୍ତୁ ଏହା ଖୁବ୍ ବ୍ୟୟସାପେକ୍ଷ ।

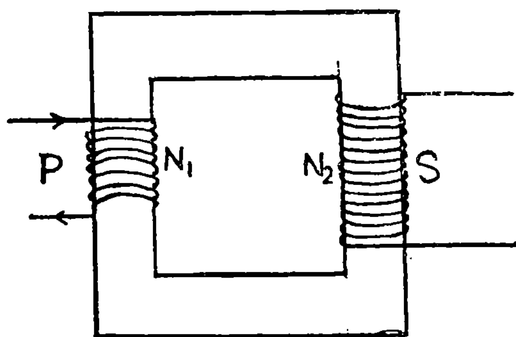
ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହ୍ରାସ କରିବା ପାଇଁ ଅପର ପକ୍ଷରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ର ମାନ କମ୍ କରାଯାଇପାରେ । କିନ୍ତୁ ଯଦି ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ଥାନରେ ଶକ୍ତିର ପରିମାଣ W=I (E - IR) ସ୍ଥିର ରଖିବାକୁ ହୁଏ ତାହାହେଲେ I ର ମାନ କମ୍ କରିବାକୁ ହେଲେ E ର ମାନ ବୃଦ୍ଧି କରିବାକୁ ହେବ । କିନ୍ତୁ ଖୁବ୍ ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍ଟେଜ E ଉତ୍ପାଦନ କରିବାପାଇଁ ଆର୍ମେଚରର ରୋଧନ (Insulation) ଖୁବ୍ ଶକ୍ତିଶାଳୀ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ଓ ଏହା ସମ୍ଭବ ହୋଇ ନ ପାରେ । ପୁନଶ୍ଚ ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍‌ର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଗୃହର ଉପକରଣ ତଥା ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଯନ୍ତ୍ରପାତି ପାଇଁ ଅନୁପଯୁକ୍ତ । ତେଣୁ ଯଦି କୌଣସି ଉପାୟରେ ନିମ୍ନ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍‌ଯୁକ୍ତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍‌ଯୁକ୍ତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାରେ ପରିଣତ କରାଯାଇପାରେ (EI = ଧ୍ରୁବାଙ୍କ) ଓ ପୁନର୍ବାର ତାହାକୁ ନିମ୍ନ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍‌ଯୁକ୍ତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାରେ ପରିଣତ କରାଯାଇପାରେ ତାହାହେଲେ ଏହାଦ୍ୱାରା ସମସ୍ତ ଲକ୍ଷ୍ୟ ସାଧିତ ହେବ । ସରଳ ପ୍ରବାହ ସାହାଯ୍ୟରେ ଏହି କାର୍ଯ୍ୟ କରିବା ଆଦୌ ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ । କିନ୍ତୁ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍ (Transformer) ସାହାଯ୍ୟରେ ଅନାୟାସରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍‌ର ଉତ୍କ୍ରମଣ (Step up) ବା ଅବକ୍ରମଣ (Step down) କରାଯାଇପାରେ । ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ଏହା ଏକ ପ୍ରଧାନ ସୁବିଧା ।

19·7 ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍ (Transformer) :

ଏହା ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ବୈଦ୍ୟୁତିକ ଯନ୍ତ୍ର । ଏହା ସାହାଯ୍ୟରେ ନିମ୍ନ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍‌ରେ ଉଚ୍ଚ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍‌ରେ ନିମ୍ନ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବା ଉଚ୍ଚ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍‌ରେ ନିମ୍ନ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ ନିମ୍ନ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍‌ରେ ଉଚ୍ଚ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା କରାଯାଇପାରେ । କାର୍ଯ୍ୟ କରୁଥିବା ବେଳେ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର କୌଣସି ଅଂଶ ଗତିଶୀଳ ହୁଏ ନାହିଁ ଓ ତେଣୁ ଏହାକୁ ନୀରବ ଯନ୍ତ୍ର କୁହାଯାଏ । ଏହି ଯନ୍ତ୍ରର କାର୍ଯ୍ୟନୀତି ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚୁମ୍ବକୀୟ ପ୍ରେରଣ ତତ୍ତ୍ୱ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

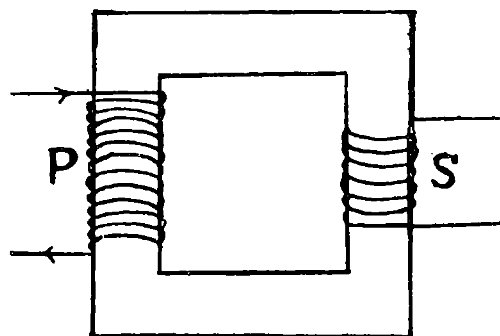
ଏହି ଯନ୍ତ୍ର ଗୋଟିଏ ଆୟତାକାର ବା ବଳୟାକାର ନରମ ଲୁହାର ଅନ୍ତର (Core) ଉପରେ ତାହାର ଦୁଇ ବିପରୀତ ପାର୍ଶ୍ୱରେ ଗୁଡ଼ାହୋଇଥିବା ଦୁଇଟି କୁଣ୍ଡଳୀ ଦ୍ୱାରା ଗଠିତ ସେମାନଙ୍କ ମଧ୍ୟରୁ ଗୋଟିଏ ଚିତ୍ର ନଂ 19·10) ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀ P ଓ ଅନ୍ୟଟି ଗୌଣ କୁଣ୍ଡଳୀ S । କୁଣ୍ଡଳୀଦ୍ୱୟ ଅନ୍ତରଠାରୁ ଓ ପରସ୍ପରଠାରୁ ରୋଧିତ ଓ ସେ ଦ୍ୱୟ ଅନ୍ତର ଉପରେ ଏପରି ଭାବରେ ଗୁଡ଼ାହୋଇଥାଏ ଯେ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ (Flux)ର କୌଣସି କ୍ଷରଣ ହେବାର ସମ୍ଭାବନା ନ ଥାଏ । ଅନ୍ତରଟି ଉଚ୍ଚ ପ୍ରବେଶ୍ୟତା ନିମ୍ନ ଶୈଥିଲ୍ୟ ଓ ଉଚ୍ଚ ବିଶିଷ୍ଟ ରୋଧ (Sp. resistance) ଥିବା କୌଣସି ଧାତୁରେ

ତିଆରି ହେବା ଦରକାର । ସେଥିପାଇଁ **ଟ୍ରାନସଫରମର୍ ଲୁହା** ସର୍ବୋତ୍କୃଷ୍ଟ ବିବେଚିତ ହୁଏ । ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍ କାର୍ଯ୍ୟ କରିବାବେଳେ ଉତ୍ତପ୍ତ ହୋଇଯାଏ । ତେଣୁ ଏହାକୁ ଥଣ୍ଡା ରଖିବା ପାଇଁ ଉଚ୍ଚମାନ ରୋଧକ ତୈଳ ମଧ୍ୟରେ ନିମଜ୍ଜିତ କରାଯାଏ ।



[ଚିତ୍ର ନଂ 19·10(a) ଉପଗାମୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍]

ଯେଉଁ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍ ଦ୍ୱାରା ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ଉତ୍କ୍ରମଣ କରାଯାଏ ତାହାକୁ **ଉପଗାମୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍** (Step up transformer) କୁହାଯାଏ । ଏହାର ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀ ମୋଟା ତମ୍ବା ତାରରେ ତିଆରି ହୋଇଥାଏ ଓ ତାହାର ଘେରସଂଖ୍ୟା କମ୍ ଏବଂ ଗୌଣ କୁଣ୍ଡଳୀ ସରୁ ତମ୍ବା ତାରରେ ତିଆରି ହୋଇଯାଏ ଓ ତାହାର ଘେରସଂଖ୍ୟା ଅଧିକ । ସେହିପରି ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ଅବକ୍ରମଣ କରୁଥିବା ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍‌କୁ **ଅପଗାମୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍** କୁହାଯାଏ । ଏହାର ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀ ସରୁ ତମ୍ବା ତାରରେ ତିଆରି ହୋଇଥାଏ ଓ ସେଥିରେ ଅଧିକ ଘେରଥାଏ ଏବଂ ଗୌଣ କୁଣ୍ଡଳୀ ମୋଟା ତମ୍ବା ତାରରେ ତିଆରି ଓ ସେଥିରେ କମ୍ ଘେରଥାଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 19·10 (b) [ଅପଗାମୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍]

ଯଦି ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍ ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ଯୋଗାଣ ଧାରା (Supply line) ସହିତ ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ଓ ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀ ଖୋଲା ଥାଏ ଏବଂ ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I_1 ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଏହାଦ୍ୱାରା ଲୁହାର ଅନ୍ତର ମଧ୍ୟରେ ଏକ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ ϕ (Flux) ଉଦ୍ଭବ ହେବ । ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ମାନ ଓ ଦିଗ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥିବାରୁ ଏହି ବଳପ୍ରବାହର (Flux) ମାନ

ଓ ତାର ମଧ୍ୟ ସମାନ ଆବୃତ୍ତିରେ (Frequency) ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେବ । ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳ-ପ୍ରବାହର ଏହି ପରିବର୍ତ୍ତନ ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ହୋଇ ସେଥିରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ V_1ର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ଏକ ବି. ଗ୍ର. ବ. E_1 ପ୍ରେରଣ କରିବ ଏହି ବି.ଗ୍ର.ବ.କୁ ବିପରୀତ ବି. ଗ୍ର. ବ. (Counter e.m.f.) କହନ୍ତି ଏବଂ ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀର ରୋଧ ଯଦି ନଗଣ୍ୟ ହୋଇଥାଏ, ତାହାହେଲେ ଏହାର ମାନ କାର୍ଯ୍ୟତଃ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ସହିତ ସମାନ ହୁଏ ।

ଯଦି ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହର ପରିବର୍ତ୍ତନ ହାର $\frac{d\phi}{dt}$ ହୁଏ ଓ ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀର ବେଷ୍ଟସଂଖ୍ୟା N_1 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ତାତ୍କାଳିକ ବି. ଗ୍ର. ବ.

$$E_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt} \text{ ବି. ଚୁ. ଏ.}$$

$$= -N_1 \frac{d\phi}{dt} \times 10^{-8} \text{ ଭୋଲ୍ଟ}$$

ଯଦି ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀର ରୋଧ ନଗଣ୍ୟ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ତାତ୍କାଳିକ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍

$$V_1 = -E_1 = N_1 \frac{d\phi}{dt} \times 10^{-8} \text{ ଭୋଲ୍ଟ}$$

(a) **ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀ ଖୋଲା :**—ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀ ଖୋଲା ଥିବାବେଳେ (Secondary left open) ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀଦ୍ୱାରା ଅନ୍ତର ମଧ୍ୟରେ ଉଦ୍ଭବ ହେଉଥିବା ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ହୋଇ ସେଥିରେ ଏକ ବି: ଗ୍ର: ବ: E_2 ପ୍ରେରଣ କରେ । ଯଦି ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀର ବେଷ୍ଟସଂଖ୍ୟା N_2 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ସେଥିରେ ପ୍ରେରିତ ବି: ଗ୍ର: ବ: ର ତାତ୍କାଳିକ ମାନ

$$E_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt} \times 10^{-8} \text{ ଭୋଲ୍ଟ}$$

ପୁନଶ୍ଚ ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀ ଖୋଲାଥିବାରୁ ତାହାର ବିଭବାନ୍ତର V_2 ପ୍ରେରିତ ବି: ଗ୍ର: ବ: E_2 ସହିତ ସମାନ ହୁଏ ।

$$\therefore \; V_2 = -E_2 = N_2 \frac{d\phi}{dt} \times 10^{-8} \text{ ଭୋଲ୍ଟ}$$

$$\text{ତେଣୁ, } \frac{V_2}{V_1}=\frac{E_2}{E_1}=\frac{N_2}{N_1}=k \text{ (ମନେକର)} \qquad \cdots \qquad (19{\cdot}11)$$

ଏଠାରେ kକୁ "ପରିବର୍ତ୍ତନ ଅନୁପାତ" (Transformation ratio) କୁହାଯାଏ । ସୁତରାଂ **ଗୌଣ ଓ ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ବି: ଗ୍ଟ. ବ: ର ଅନୁପାତ ସେମାନଙ୍କର ଘେରସଂଖ୍ୟାର ଅନୁପାତ ସହିତ ସମାନ ।**

ଯଦି $N_2>N_1$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍‌ଟିକୁ ଉପଗ୍ଦୃପୀ (Step up) ଓ ଯଦି $N_2<N_1$ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍‌ଟିକୁ ଅପଗ୍ଦୃପୀ (Step down) କୁହାଯାଏ ।

(b) **ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀ ବନ୍ଦ** :—ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀଟି ବନ୍ଦ (Closed) ହେଲେ ସେଥିରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I_2 ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ଓ ଏହି ପ୍ରବାହର ଦିଗ ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଉଥିବା ପ୍ରବାହର ଦିଗର ବିପରୀତ । ସୁତରାଂ ଏହି ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I_2 ଲୁହାର ଅନ୍ତରଟିକୁ ବିଚୁମ୍ବକିତ (Demagnetise) କରେ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀରେ ବିପରୀତ ବି: ଗ୍ଟ: ବ: ହ୍ରାସ ପାଏ । ଫଳରେ ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ବୃଦ୍ଧିପାଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା ଲୁହା ଅନ୍ତରରେ (Core) ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ ତାହାର ପୂର୍ବ ମାନ ଫେରି-ପାଏ । ତେଣୁ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍ ଟି ଏକ ସ୍ୱୟଂକ୍ରିୟ ଯନ୍ତ୍ରଭାବରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ଗୌଣ-କୁଣ୍ଡଳୀର ବିଚୁମ୍ବକନ କ୍ରିୟା ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରବାହ ବୃଦ୍ଧିଦ୍ୱାରା ସମତୁଳିତ ହୁଏ ।

ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍‌ରେ ବିଭିନ୍ନ କାରଣରୁ ଶକ୍ତିର ଅପଚୟ ହୁଏ ଓ ସେଥିପାଇଁ ନିର୍ଗମ ଶକ୍ତି (Output energy) ସର୍ବଦା ନିବେଶ (Input) ଶକ୍ତିଠାରୁ ଊଣା ହୁଏ । ଗୋଟିଏ ଆଦର୍ଶ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍‌ରେ ଅର୍ଥାତ୍ ଯଦି କୌଣସି ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ନ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ

ନିବେଶ ଶକ୍ତି = ନିର୍ଗମ ଶକ୍ତି

କିମ୍ବା $E_1I_1=E_2I_2$

$$\therefore \frac{I_1}{I_2}=\frac{E_2}{E_1}=\frac{N_2}{N_1}=k \qquad \cdots \qquad (19{\cdot}12)$$

ସୁତରାଂ **ମୁଖ୍ୟ ଓ ଗୌଣ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସେମାନଙ୍କର ଘେରସଂଖ୍ୟା ସହିତ ପ୍ରତିଲୋମାନୁପାତୀ ।**

ଏଠାରେ ଉଲ୍ଲେଖଯୋଗ୍ୟ ଯେ ଗୌଣ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I_2 ଓ ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I_1 ମଧ୍ୟରେ କଳା ତାରତମ୍ୟ (Phase diff.) $=180^\circ$ ।

ମନେକର ମୁଖ୍ୟ ଓ ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀରେ ଯଥାକ୍ରମେ
ପ୍ରେରିତ ବି: ଗୂ: ବ: (ସର୍ବାଧିକ) $= E_1$ ଓ E_2,
ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ $= V_1$ ଓ V_2,
ରୋଧ $= R_1$ ଓ R_2,
ଏବଂ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $= I_1$ ଓ I_2
ସୁତରାଂ ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀରେ, $V_1 - E_1 = I_1R_1$
କିମ୍ବା $E_1 = V_1 - I_1R_1$
ଏବଂ ଗୌଣ କୁଣ୍ଡଳୀରେ, $V_2 = E_2 - I_2R_2$
କିମ୍ବା $E_2 = V_2 + I_2R_2$

$$\therefore \frac{E_2}{E_1} = \frac{V_2 + I_2R_2}{V_1 - I_1R_1} = \frac{N_2}{N_1} = k$$

କିମ୍ବା $V_2 = kV_1 - I_2R_2 - kI_1R_1$

କିନ୍ତୁ $\frac{I_1}{I_2} = \frac{E_2}{E_1} = k$; କିମ୍ବା $I_2 = kI_1$

$$\therefore V_2 = kV_1 - I_2(R_2 + k^2R_1) \quad \cdots \quad (19{\cdot}13)$$

ସୁତରାଂ ଯେହେତୁ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍‌ର ରୋଧ R_1 ଓ R_2 ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ତେଣୁ **ଗୌଣ କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I_2ର ମାତ୍ରା ଅଧିକ ହେଲେ ତାହାର ଭୋଲ୍ଟେଜ V_2 ହ୍ରାସ ପାଏ ।**

19·8 ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍‌ରେ ଶକ୍ତି ଅପଚୟର କାରଣ ଓ ତାହାର ନିବାରଣ :

(i) **ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ (Flux) କ୍ଷରଣ** :—ମୁଖ୍ୟ କୁଣ୍ଡଳୀଦ୍ୱାରା ଉଦ୍ଭବ ହେଉଥିବା ମୋଟ ଚୁମ୍ବକୀୟ ବଳପ୍ରବାହ ଯଦି ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ସଂଶ୍ଳିଷ୍ଟ ନ ହୁଏ, ତାହାହେଲେ ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀକୁ ଯୋଗାଇ ଦିଆଯାଉଥିବା ଶକ୍ତିର କିଛି ପରିମାଣ ଅପଚୟ ହୁଏ । କବଚ ଅନ୍ତର (Shell type core) ବ୍ୟବହୃତ ହେଲେ ଏହି ଅପଚୟ କମ ହୁଏ ।

(ii) **ଲୌହ ଅପଚୟ (Iron losses)** :—ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍ ଅନ୍ତର (Core) ମଧ୍ୟରେ ଘୂର୍ଣ୍ଣିପ୍ରବାହ (Eddy current) ପ୍ରେରିତ ହେବା ଫଳରେ କିଛି ଶକ୍ତି

ଅପଚୟ ହୁଏ । ଅନ୍ତରକୁ ପଟଳିତ (Laminated) କରି ଏହି ଅପଚୟ ହ୍ରାସ କରାଯାଏ ।

(ii) **କପର ଅପଚୟ** (Copper losses) :—କୁଣ୍ଡଳୀ ତାରରେ ଜୁଲ୍ ତାପ ($=I^2Rt$) ଉଦ୍ଭବ ହେବା ଫଳରେ କିଛି ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହୁଏ । ତାରର ରୋଧ କମ୍ ହେଲେ ଏହି ଅପଚୟ କମ୍ ହୁଏ ।

(iv) **ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ** (Hysteresis loss) :—ଅନ୍ତରଟିକୁ ଚୁମ୍ବକିତ କରିବାପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ଶକ୍ତି ମଧ୍ୟ ଅପଚୟ ହୁଏ । ଯେଉଁ ଧାତୁର ଶୈଥିଲ୍ୟ ଲୁପ୍ (Hysteresis loop) ଖୁବ୍ ସରୁ (Thin) ସେହି ଧାତୁର ଅନ୍ତର ବ୍ୟବହାର କଲେ ଏହି ଅପଚୟ ହ୍ରାସ ପାଏ ।

19·9 ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାର ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍ :

ଆଜିକାଲି ବିଭିନ୍ନ କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ ବିଭିନ୍ନ ପ୍ରକାରର ଟ୍ରାନସଫରମର୍ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଅଛି । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ :—

(i) ଉପଗ୍ରାମୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍—ଏହା ସମାନ ଆବୃତ୍ତିରେ ନିମ୍ନଭୋଲ୍ଟେଜ୍-ଉଚ୍ଚପ୍ରବାହମାନଙ୍କୁ ଉଚ୍ଚ-ଭୋଲ୍ଟେଜ୍-ନିମ୍ନପ୍ରବାହମାନଙ୍କରେ ପରିଣତ କରେ ।

(ii) ଅପଗ୍ରାମୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର୍—ଏହା ସମାନ ଆବୃତ୍ତିରେ ଉଚ୍ଚ-ଭୋଲ୍ଟେଜ୍-ନିମ୍ନପ୍ରବାହମାନଙ୍କୁ ନିମ୍ନଭୋଲ୍ଟେଜ୍-ଉଚ୍ଚପ୍ରବାହମାନଙ୍କରେ ପରିଣତ କରେ ।

(iii) ଶ୍ରାବ୍ୟ ଆବୃତ୍ତି ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍ (Audio frequency transformer)—ଏହା ପ୍ରଧାନତଃ ଏକ ଉପଗ୍ରାମୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍ ଓ ଟେଲିଫୋନ୍, ରେଡିଓ ଇତ୍ୟାଦିରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

(iv) ବାୟୁଅନ୍ତରଯୁକ୍ତ ଉଚ୍ଚଆବୃତ୍ତି ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍—ଏହା ସାଧାରଣତଃ ରେଡ଼ିଓରେ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ।

(v) ସ୍ୱୟଂ-ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍ (Auto-transformer)—ଏହି ଟ୍ରାନ୍ସଫର୍ମର୍‌ରେ ଗୋଟିଏ କୋମଳ ଅନ୍ତର ଉପରେ କେବଳ ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀ ଥାଏ ଓ (ଆବଶ୍ୟକ ଅନୁଯାୟୀ) ତାହାର ବିଭିନ୍ନ ସ୍ଥାନରେ ସଂଯୋଗ ସ୍ଥାପନଦ୍ୱାରା ଗୌଣ ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ମିଳେ ।

ଉଦାହରଣ (1) :—କୌଣସି ଉପଗାମୀ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର 220 ଭୋଲ୍ଟରେ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ 2 ଏମ୍ପିୟର୍ ପ୍ରବାହମାନ ଯୋଗାଇଦିଏ । ଯଦି ତାହାର ମୁଖ୍ୟ ଓ ଗୌଣକୁଣ୍ଡଳୀ ପେଞ୍ଚସଂଖ୍ୟାର ଅନୁପାତ 1 : 20 ହୁଏ, ତାହାହେଲେ (i) ଗୌଣ ଭୋଲ୍ଟେଜ (ii) ମୁଖ୍ୟକୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରବାହମାନ ଓ (iii) ନିର୍ଗତ କ୍ଷମତା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର । [ଦକ୍ଷତା 100 %]

$$\frac{E_2}{E_1}=\frac{N_2}{N_1}=\frac{I_1}{I_2}=20$$

∴ $E_2=220\times 20=4400$ ଭୋଲ୍ଟ

$I_1=2\times 20=40$ ଏମ୍ପିୟର

ନିର୍ଗତ କ୍ଷମତା (Power output) $=E_2I_2=4400\times 2$

$=8800$ ୱାଟ୍

19·10 ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଓ ସରଳ ପ୍ରବାହ ମଧ୍ୟରେ ତୁଳନା :

ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ସୁବିଧା—

(1) ଆବଶ୍ୟକ ଅନୁଯାୟୀ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ଭୋଲଟେଜ୍ ତଥା ପ୍ରବାହମାନ ଟ୍ରାନ୍ସଫରମର ସାହାଯ୍ୟରେ ବୃଦ୍ଧି ବା ହ୍ରାସ କରାଯାଇପାରେ ।

(2) ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀର ଉତ୍ପାଦନ ଖର୍ଚ୍ଚ ସରଳ ପ୍ରବାହ ତୁଳନାରେ କମ ଓ ସମାନ ଖର୍ଚ୍ଚରେ ଅଧିକ ବିଦ୍ୟୁତଶକ୍ତି ମିଳେ ।

(3) ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ କ୍ଷମତା ପ୍ରେରଣବେଳେ କମ ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହୁଏ କାରଣ ଏହି ଶକ୍ତି ଉଚ୍ଚଭୋଲ୍ଟେଜ୍ ନିମ୍ନପ୍ରବାହମାନ ରେ ଦୂରସ୍ଥାନକୁ ପଠାଯାଇପାରେ ।

(4) ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ସାହାଯ୍ୟରେ କମ ଖର୍ଚ୍ଚରେ କ୍ଷମତା ପ୍ରେରଣ କରାଯାଇପାରେ କାରଣ ଏଥିପାଇଁ ମୋଟ ତାର ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏନାହିଁ ଓ ସରୁ ବକ୍ରଗୀକୃତ (Stranded) ତାରରେ ଏହାର ପ୍ରେରଣ ସମ୍ଭବ ।

(5) ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହକୁ ଋଜୁକାରୀ ଯନ୍ତ୍ର (Rectifier) ସାହାଯ୍ୟରେ ସରଳ ପ୍ରବାହରେ ପରିଣତ କରାଯାଇପାରେ ।

(6) ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ମୋଟର ଓ ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ଯନ୍ତ୍ରପାତି ତିଆରି କରିବା ସହଜ ଓ ସରଳ ଏବଂ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଗୁଡ଼ିକ ଅତି ଦୃଢ଼ ଓ ସେଗୁଡ଼ିକର ବ୍ୟବହାରଜନିତ କ୍ଷୟ (Wear and tear) କମ୍ ।

ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ଅସୁବିଧା –

(1) ସରଳ ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ସଞ୍ଚୟକ କୋଷରେ ଚାର୍ଜିଂ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ଲେପନ, ବିଦ୍ୟୁତ୍ ମୁଦ୍ରଣ ଇତ୍ୟାଦି କରାଯାଇପାରେ; କିନ୍ତୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହଦ୍ୱାରା ଏହା ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ ।

(2) ରୋଧନ (Insulation) ତ୍ରୁଟିଯୁକ୍ତ ହୋଇଥିଲେ ସରଳ ପ୍ରବାହ ଅପେକ୍ଷା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ଅଧିକ ବିପଜ୍ଜନକ । ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହକୁ ସ୍ପର୍ଶ କଲେ ତାହା ଉପଘାତ ସହିତ ଆକର୍ଷଣ କରେ; କିନ୍ତୁ ସରଳ ପ୍ରବାହକୁ ସ୍ପର୍ଶ କଲେ ତାହା ଉପଘାତ (Shock) ସହିତ ବିକର୍ଷଣ କରେ । ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ସର୍ବାଧିକ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍ ତାହାର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ୍‌ଠାରୁ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ଓ ସେଥିପାଇଁ ଏହା ବିପଜ୍ଜନକ ଓ ଉତ୍ତମ ରୋଧନ ଆବଶ୍ୟକ କରେ ।

(3) ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ଲାଇନ ତାରର ଉପର ଭାଗରେ (Surface) ଯାଏ (ତ୍ୱାଚିକ ପ୍ରବାହ ବା Skin effect) । ତେଣୁ ଏହାକୁ ଗୋଟିଏ ତାରରେ ପ୍ରେରଣ କରିବା ସମ୍ଭବ ହୁଏନାହିଁ ଓ ସେଥିପାଇଁ ସରୁ ବିଭାଗୀକୃତ ତାର ଆବଶ୍ୟକ ହୁଏ । ସରଳ ପ୍ରବାହ ସମୁଦାୟ ତାର ଭିତରେ ଯାଏ ଓ ତେଣୁ ସେଥିପାଇଁ ଗୋଟିଏ ତାର ଯଥେଷ୍ଟ ।

19·11 ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ମାପ :

ସରଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଏମ୍ପିୟର୍ ଏକକରେ ମାପ କରାଯାଏ ଏବଂ ଯେଉଁ ସରଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସିଲ୍‌ଭର ନାଇଟ୍ରେଟ୍ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହୋଇ ଏକ ସେକେଣ୍ଡରେ 0·00118 ଗ୍ରାମ୍ ଧାତବ ସିଲଭର ସଞ୍ଚୟ କରେ ତାହାକୁ ଏକ ଏମ୍ପିୟର୍ କୁହାଯାଏ ; କିନ୍ତୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ସିଲ୍‌ଭର୍ ନାଇଟ୍ରେଟ୍ ଦ୍ରବଣ ମଧ୍ୟରେ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ସିଲ୍‌ଭର ସଞ୍ଚିତ ହୁଏ ନାହିଁ; ତେଣୁ ଏହି ପଦ୍ଧତିରେ ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରବାହର ରାସାୟନିକ କ୍ରିୟା-ଦ୍ୱାରା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ମାପ କରିବା ସମ୍ଭବ ନୁହେଁ । ସାଧାରଣ ବିଦ୍ୟୁତ୍-ଚୁମ୍ବକୀୟ ଏମିଟର୍ ବା ଭୋଲ୍‌ଟମିଟର୍ ସାହାଯ୍ୟରେ ମଧ୍ୟ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା କିମ୍ବା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ଭୋଲ୍‌ଟେଜ ମାପ କରି ହୁଏ ନାହିଁ, କାରଣ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଗୁଡ଼ିକ ହାରାହାରି ମାନ ଦର୍ଶାଏ ଏବଂ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ $I_0 \sin \omega t$ କିମ୍ବା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି: ଚା. ବ: $E_0 \sin \omega t$ର ପ୍ରଥମ ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତି କାଳରେ ହାରାହାରି ମାନ ଯାହା ହୁଏ, ତାହା ଠିକ୍ ପର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତି କାଳର ହାରାହାରି ମାନ ସହିତ ସମାନ କିନ୍ତୁ ବିପରୀତ ହୁଏ, ଓ ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆବର୍ତ୍ତି କାଳରେ ହାରାହାରି ମାନ ଶୂନ୍ୟ ହୋଇଯାଏ । ସୁତରାଂ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ତାହାର ଯେଉଁ କ୍ରିୟା ପ୍ରବାହର ଦିଗ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ନାହିଁ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ମାପ କରାଯାଇପାରେ ଓ ଏହି ମାପ କାର୍ଯ୍ୟ ପାଇଁ ହେଉ ଯନ୍ତ୍ରର ବିକ୍ଷେପ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର

ବର୍ଗ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ତାହା ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଉଦାହରଣ ସ୍ୱରୂପ ପ୍ରବାହର ତାପ ପ୍ରକ୍ରିୟା (Heating effect) ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ମାପ କରାଯାଇପାରେ କାରଣ କୌଣସି ତାର ମଧ୍ୟରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ପ୍ରବାହର ଦିଗ ଯାହା ହେଉନା କାହିଁକି ସେଥିରେ ତାପ ଉତ୍ପାଦିତ ହୁଏ । ଏହି ତାପ ଉତ୍ପାଦନ ଫଳରେ ତାରଟି ପ୍ରସାରିତ ହୁଏ ଓ ଏହାକୁ ଭିତ୍ତି କରି ଉତ୍ତପ୍ତ ତାରଯନ୍ତ୍ର (Hot wire instrument) ତିଆରି କରାଯାଇପାରେ ଓ ତାହା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ମାପ କରିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ।

କୌଣସି ଉତ୍ତପ୍ତ ତାରଯନ୍ତ୍ରରେ ସରଳ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ସେଥିରେ ଉଦ୍ଭବ ତାପ ପରିମାଣ (I^2R) ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ବର୍ଗ ସହିତ ସମାନୁପାତୀ ହୁଏ କିନ୍ତୁ ଯଦି ଏହି ଯନ୍ତ୍ରରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତାପ ପରିମାଣ ଏହି ପ୍ରବାହର ପ୍ରତି ତାତ୍କାଳିକ ମାନର (Instantaneous value of current) ବର୍ଗର ହାରାହାରି ମାନ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ । ତେଣୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ତାପ ପ୍ରଭାବ ଜାଣିବାପାଇଁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆବର୍ତ୍ତି କାଳରେ ତାହାର ଭିନ୍ନ ତାତ୍କାଳିକ ମାନର ବର୍ଗର ହାରାହାରି ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ । ଏହି ହାରାହାରି ମାନର ବର୍ଗମୂଳ ବାହାର କରି ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଏ ଓ ଏହି ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ **କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ** (Effective) କିମ୍ବା **କଳ୍ପିତ** (Virtual) କିମ୍ବା **ମୂଳ ମାଧ୍ୟ ବର୍ଗମାନ** (Root mean square) ପ୍ରବାହମାତ୍ରା କୁହାଯାଏ । ଉତ୍ତପ୍ତ ତାରଯନ୍ତ୍ର ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ଏହି କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ମାନ ଦର୍ଶାଏ ।

19·12 ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ହାରାହାରି ମାନ (Mean or average value of A.C.) :

ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି. ଗ୍ଧ. ବ. ବା ପ୍ରବାହର ମାଧ୍ୟମାନ ସାଧାରଣତଃ ତାହାର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତି କାଳରେ (Half a period) ବିଭିନ୍ନ ତାତ୍କାଳିକ ମାନର ସମଷ୍ଟିର ହାରାହାରି ମାନ ଅଟେ ।

ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି. ଗ୍ଧ. ବ. ନିମ୍ନଲିଖିତ ଗାଣିତିକ ସୂତ୍ରଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ—

$$E = E_0 \sin \omega t$$

ଏଠାରେ E = ବି. ଗ୍ଧ. ବ. ର ତାତ୍କାଳିକ ମାନ

E_0 = ବି. ଗ୍ଧ. ବ. ର ସର୍ବାଧିକ ମାନ

ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତିକାଳରେ ତାତ୍‌କାଳିକ ମାନର ସମଷ୍ଟି

$$\int_0^{\frac{T}{2}} E dt = \int_0^{\frac{T}{2}} E_o \sin \omega t \, dt \; ; \quad \text{ଏଠାରେ } T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\therefore \text{ ମାଧ୍ୟମାନ} = \frac{\int_0^{\frac{T}{2}} E_o \sin \omega t \, dt}{\frac{T}{2}}$$

$$= \frac{2}{T} \times \frac{E_o}{\omega} \Big[-\cos \omega t \Big]_0^{\frac{T}{2}}$$

$$= \frac{2}{T} \times \frac{E_o}{\frac{2\pi}{T}} \Big[-\cos \frac{2\pi}{T} \times \frac{T}{2} + \cos 0 \Big] = \frac{2E_o}{\pi} \quad \ldots. \quad (19 \cdot 14)$$

ସୁତରାଂ **ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତକାଳରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି. ଗ୍ଳ. ବ.ର ମାଧ୍ୟମାନ ତାହାର ସର୍ବାଧିକ ମାନର $\frac{2}{\pi}$ ବା ·637 ଗୁଣ ଅଟେ ।**

ଏହି ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତିକାଳ ପରେ ବି. ଗ୍ଳ. ବ.ର ଦିଗ ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହୋଇଯାଏ ଓ ଠିକ୍ ପର ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତିକାଳରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି. ଗ୍ଳ. ବ.ର ହାରାହାରି ମାନ

$$= \frac{\int_{\frac{T}{2}}^{T} E_o \sin \omega t \, dt}{\frac{T}{2}} = -\frac{2E_o}{\pi}$$

ସୁତରାଂ ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆବର୍ତ୍ତି କାଳରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି. ଗ୍ଳ. ବ.ର ମାଧ୍ୟମାନ ବା ହାରାହାରି ମାନ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ ।

ସେହିପରି ପ୍ରଥମ ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତି କାଳରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $I_o \sin \omega t$ର ହାରାହାରି ମାନ $= \frac{2 I_o}{\pi}$ ଓ ଦ୍ୱିତୀୟ ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତି କାଳରେ ତାହାର ମାନ $= -\frac{2 I_o}{\pi}$ । ତେଣୁ ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆବର୍ତ୍ତି କାଳରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ହାରାହାରି ମାନ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ ।

19·13 ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି ଗ୍ୟୁ. ବ. ଓ ପ୍ରବାହର ମୂଳମାଧ୍ୟ ବର୍ଗମାନ (Root mean square value of e. m. f.) :

ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି. ଗ୍ୟୁ. ବ. ବା ପ୍ରବାହର ମୂଳମାଧ୍ୟ ବର୍ଗମାନ ତାହାର ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ବା ଅର୍ଦ୍ଧ ଆବର୍ତ୍ତି କାଳରେ ବିଭିନ୍ନ ତାତ୍‌କାଳିକ ମାନର ବର୍ଗ ସମଷ୍ଟିର ହାରାହାରି ମାନର ବର୍ଗମୂଳ ଅଟେ ।

ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି. ଗ୍ୟୁ. ବ.ର ତାତ୍‌କାଳିକ ମାନ

$$E = E_o \sin \omega t$$

$$\therefore \; E^2 = E_o^2 \sin^2 \omega t$$

ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆବର୍ତ୍ତି କାଳରେ ତାତ୍‌କାଳିକ ବି. ଗ୍ୟୁ. ବ.ର ବର୍ଗର ସମଷ୍ଟି

$$\int_0^T E^2 dt = \int_0^T E_o^2 \sin^2 \omega t \; dt$$

ବର୍ଗ ସମଷ୍ଟିର ହାରାହାରି ମାନ

$$= \frac{\int_0^T E_o^2 \sin^2 \omega t \, dt}{T}$$

$$E_e^2 = \frac{E_o^2}{2T} \int_0^T (1 - \cos 2\omega t) \, dt$$

$$= \frac{E_o^2}{2T}\left[t - \frac{\sin 2\omega t}{2\omega}\right]_0^T$$

$$= \frac{E_o^2}{2T}\left[T - \frac{1}{2\omega}\left(\sin 2 \times \frac{2\pi}{T} \times T - \sin 0\right)\right]$$

$$= \frac{E_o^2}{2} \qquad \cdots \qquad (19{\cdot}15)$$

∴ ପ୍ର. ଗ୍ବ. ଚ.ର ମୂଳ ମାଧ୍ୟବର୍ଗମାନ

$$E_e = \frac{E_o}{\sqrt{2}} \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (19{\cdot}16)$$

ସୁତରାଂ **ମୂଳମାଧ୍ୟବର୍ଗ ବି. ଗ୍ବ. ବ.** E_e **ସର୍ବାଧିକ ବି. ଗ୍ବ.** ବ. E_oର $\frac{1}{\sqrt{2}}$ **ଗୁଣ** ବା 0·707 **ଗୁଣ** । ଏହି ମୂଳମାଧ୍ୟବର୍ଗ (R. M. S.) ବି. ଗ୍ବ. ବ.କୁ **କଳ୍ପିତ** (Virtual) ବା **କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ** (Effective) ବି. ଗ୍ବ ବ. ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ ।

ଉପରୋକ୍ତ ଧାରାରେ ଦର୍ଶାଇ ଦିଆଯାଇପାରେ ଯେ ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆବର୍ତ୍ତି କାଳରେ ତାତ୍କାଳିକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ବର୍ଗ ସମଷ୍ଟିର ହାରାହାରି ବା ମାଧ୍ୟମାନ

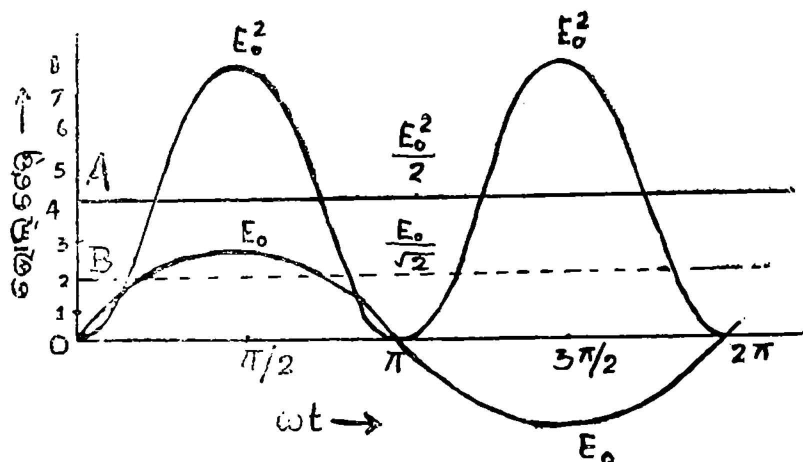
$$I_e^2 = \frac{\int_0^T I_o^2 \sin^2 \omega t \, dt}{T} = \frac{I_o^2}{2} \qquad \cdots\cdots \qquad (19{\cdot}17)$$

∴ ମୂଳମାଧ୍ୟବର୍ଗ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

$$I_e = \frac{I_o}{\sqrt{2}} \qquad \cdots\cdots \qquad \cdots\cdots \qquad (19{\cdot}18)$$

ସୁତରାଂ ମୂଳମାଧ୍ୟବର୍ଗ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I_e ସର୍ବାଧିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା Iର $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ଗୁଣ ବା 0·707 ଗୁଣ । ଏହି ମୂଳମାଧ୍ୟବର୍ଗ (R. M. S.) ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ **କଳ୍ପିତ**

(Vertual) ବା **କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ** (Effective) ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ । ଏହି ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ **ତୁଲ୍ୟାଙ୍କ** (Equivalent) **ସରଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା** ମଧ୍ୟ କୁହାଯାଏ କାରଣ ଏହି ପରିମାଣ ସ୍ଥିର ସରଳ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାଦ୍ୱାରା ସମାନ ପରିମାଣ ତାପ ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 19·11)

ଚିତ୍ର ନଂ 19·11ରେ ଗ୍ରାଫ୍ ସାହାଯ୍ୟରେ E^2ର ହାରାହାରି ମାନ E^2_0 ଏବଂ କଳ୍ପିତ ବି.ଚା.ବ. E_0 ଯଥାକ୍ରମେ ପୂର୍ଣ୍ଣରେଖା A ଓ ଭଗ୍ନରେଖା B ଦ୍ୱାରା ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ଗ୍ରାଫ୍ ମଧ୍ୟ ଅନୁରୂପ ।

19·14 ଆକୃତିଗୁଣକ (Form factor) :

ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି. ଚା. ବ. (ବା ପ୍ରବାହମାତ୍ରା)ର ଆକୃତିଗୁଣକ

$$= \frac{\text{କଳ୍ପିତ ମାନ}}{\text{ହାରାହାରି ମାନ}} = \frac{\frac{1}{\sqrt{2}}\ \text{ସର୍ବାଧିକ ମାନ}}{\frac{2}{\pi}\ \text{ସର୍ବାଧିକ ମାନ}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1{\cdot}11$$

ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି. ଚା. ବ. ବା ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସାଧାରଣତଃ ଉତ୍ତପ୍ତ-ତାରଯନ୍ତ୍ର, ଚଳ-ଲୌହ (Moving-Iron instrument) ଯନ୍ତ୍ର ବା କ୍ୱାଡ୍ରେଣ୍ଟ୍ ଇଲେକ୍ଟ୍ରୋମିଟର (ସମସ୍ଥିତିକ) ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ । ଏହିସବୁ ଯନ୍ତ୍ରର ବିକ୍ଷେପ ବି. ଚା. ବ.

ବା ପ୍ରବାହମାନର ବର୍ଗର ହାରାହାରି ମାନ $\frac{E_0^2}{2}$ ବା $\frac{I_0^2}{2}$ ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ କିନ୍ତୁ ଏହି ଯନ୍ତ୍ରଗୁଡ଼ିକ କଳ୍ପିତ ବି ଗ୍ଣ ବ. $\frac{E_0}{\sqrt{2}}$ (Virtual Volt) ବା କଳ୍ପିତ ପ୍ରବାହ ମାତ୍ରା $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$ (Virtual ampere) ପଠନ ପାଇଁ ଅଂଶାଙ୍କିତ (Calibrated) କରାଯାଇଥାଏ ।

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. କୌଣସି ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ଆବର୍ତ୍ତିତ ହେଲେ, ସେଥିରେ ପ୍ରେରିତ ହେଉଥିବା ବି. ଗ୍ଣ. ବ. ର ତାତ୍କାଳିକ ମାନ ନିର୍ଗମନ କର । ଗୋଟିଏ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ଉତ୍ପାଦକର ଗଠନ ଓ କାର୍ଯ୍ୟରୀତି ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

2. ଗୋଟିଏ ସରଳପ୍ରବାହ ଡାଇନାମୋର ଗଠନ, କାର୍ଯ୍ୟରୀତି ଓ ବ୍ୟବହାର ବର୍ଣ୍ଣନା କର ।

3. 600 ଘେର ଓ 10 ସେ.ମି. ବ୍ୟାସାର୍ଦ୍ଧବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ବୃତ୍ତାକାର କୁଣ୍ଡଳୀ 4 ଓଏର୍‌ଷ୍ଟେଡ୍‌ ତୀବ୍ରତା ବିଶିଷ୍ଟ ଗୋଟିଏ ସୁଷମ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର ମଧ୍ୟରେ ତାହାର ଦିଗ ସହିତ ସମକୋଣରେ ଅବସ୍ଥିତ ଏକ ଅକ୍ଷ ଚତୁର୍ଦ୍ଦିଗରେ ମିନିଟ ପ୍ରତି 480 ଥର ଘୂର୍ଣ୍ଣନ କଲେ, କୁଣ୍ଡଳୀରେ ପ୍ରେରିତ ବି. ଗ୍ଣ. ବ.ର ମାନ ଭୋଲ୍‌ଟ ଏକକରେ ପ୍ରକାଶ କର । [ଉ:— ·3792 ଭୋଲ୍‌ଟ]

4. ଗୋଟିଏ ସରଳ ପ୍ରବାହ ମୋଟର୍‌ର ଗଠନ ଓ କାର୍ଯ୍ୟରୀତି ବର୍ଣ୍ଣନା କର । ମୋଟର୍‌ର ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଗ୍ଣ. ବ. କଣ ? ମୋଟର ଚଳାଇବାବେଳେ ଆରମ୍ଭରେ ତାହାର କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ଏକ ଆରମ୍ଭିକ ରୋଧ କାହିଁକି ସଂଯୁକ୍ତ କରାଯାଏ ?

5. ଗୋଟିଏ ଆବର୍ତ୍ତନଶୀଳ ଚୁମ୍ବକକ୍ଷେତ୍ର କିପରି ଉତ୍ପାଦନ ହୁଏ, ଉଲ୍ଲେଖ କର ଓ ତାହା ସାହାଯ୍ୟରେ ପ୍ରେରଣ ମୋଟର୍‌ର ଗଠନ ଓ କାର୍ଯ୍ୟରୀତି ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

6, ଗୋଟିଏ ଟ୍ରାନସଫରମର୍‌ର ଗଠନ, ତତ୍ତ୍ୱ ଓ କାର୍ଯ୍ୟପ୍ରଣାଳୀ ବୁଝାଇ ଦିଅ । ଟ୍ରାନ୍‌ସଫର୍‌ମରରେ କେଉଁ କେଉଁ କାରଣ ଯୋଗୁ ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହୁଏ ଓ ତାହା କିପରି ହ୍ରାସ କରାଯାଏ ?

7. ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ମାଧ୍ୟମାନ ଓ ମୂଳ ମାଧ୍ୟବର୍ଗମାନ କାହାକୁ କୁହାଯାଏ, ବୁଝାଇ ଦିଅ । ପ୍ରମାଣ କର ଯେ, ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି.ଗ୍ର.ବ.ର ସର୍ବାଧିକ ମାନ ତାହାର ମୂଳମାଧ୍ୟବର୍ଗ ମାନର $\sqrt{2}$ ଗୁଣ ।

8. ସରଳ ପ୍ରବାହ ତୁଳନାରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ସୁବିଧା ଓ ଅସୁବିଧା ଉଲ୍ଲେଖ କର ।

ବିଂଶ ପରିଚ୍ଛେଦ

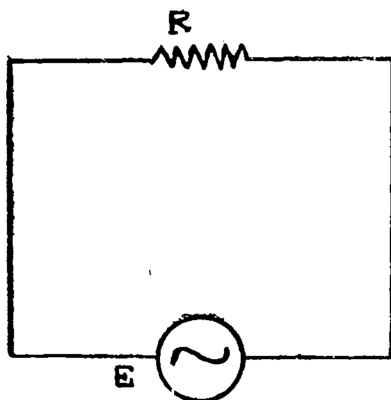
ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥ

(A. C. Circuits)

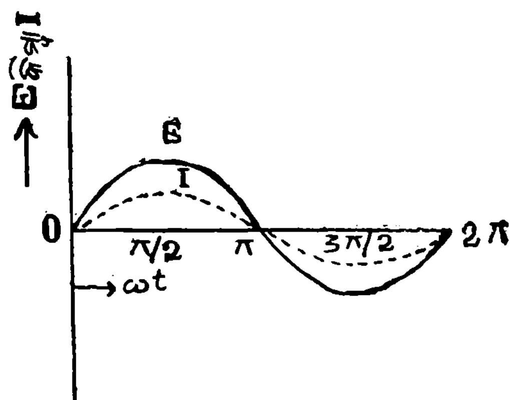
20·1 କୌଣସି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥରେ ରୋଧ, ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଓ ଧାରକତ୍ୱ ମଧ୍ୟରୁ ଯେକୌଣସି ଗୋଟିଏ, ଦୁଇଟି ବା ସମସ୍ତ ଥାଇପାରେ । ସରଳ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ କେବଳ ରୋଧ ବିଷୟରକୁ ନିଆଯାଏ କିନ୍ତୁ ଯଦି ଏହି ପରିପଥରେ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ବା ଧାରକତ୍ୱ ଥାଏ ତାହାହେଲେ ତାହା କେବଳ ପ୍ରବାହ ଆରମ୍ଭ ବା ବନ୍ଦ ବେଳେ ବିଚାର କରାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି.ଚା.ବ. ଓ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସର୍ବଦା ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେଉଥିବାରୁ ପରିପଥରେ ଥିବା ରୋଧ, ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଓ ଧାରକତ୍ୱ ଅନବରତ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ । ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଓ ଧାରକତ୍ୱ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି ଚା. ବ.ର ବିପରୀତ ଦିଗରେ ବି.ଚା.ବ. ଉତ୍ପାଦନ କରେ । ନିମ୍ନରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥରେ ରୋଧ, ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଇତ୍ୟାଦିର ପ୍ରଭାବ ଆଲୋଚିତ ହୋଇଛି ।

20·2 କେବଳ ରୋଧଯୁକ୍ତ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥ (A. C. Circuit containing Resistance Only) :

ମନେକର କେବଳ ରୋଧ R ଯୁକ୍ତ ଏକ ପରିପଥରେ [ଚିତ୍ର ନଂ 20·1 (a)] ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି. ଚା. ବ. $E = E_0 \sin\omega t$ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି । ରୋଧ R ମଧ୍ୟରେ

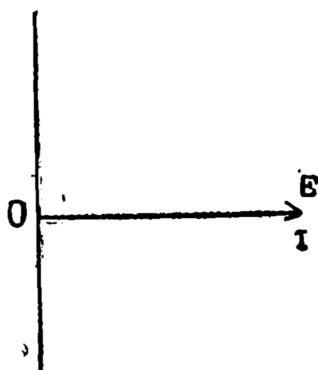


(ଚିତ୍ର ନଂ 20·1 a)



(ଚିତ୍ର ନଂ 20.1 b)

ଯଦି ତାତ୍କାଳିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତାହାର ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ ମଧ୍ୟରେ ବିଭବାନ୍ତର ସେହି ମୁହୂର୍ତ୍ତରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି: ଚା: ବ: ସହିତ ସମାନ ହେବ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 20.1 c)

$$\therefore \; IR = E = E_0 \sin \omega t \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (20{\cdot}1)$$

$$I = \frac{E}{R} = \frac{E_0}{R} \sin \omega t = I_0 \sin \omega t \qquad \cdots \qquad (20{\cdot}2)$$

ଏଠାରେ I_0 = ସର୍ବାଧିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

ସୁତରାଂ ଏ କ୍ଷେତ୍ରରେ ବି: ଚା: ବ: ଓ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଏକ କାଳରେ (ଚିତ୍ର ନଂ 20·1 b) (Same phase) ବିଦ୍ୟମାନ ।

20·2 (a) କେବଳ ରୋଧଯୁକ୍ତ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ କ୍ଷମତା (Power in A. C. circuit containing resistance only) :

ବୈଦ୍ୟୁତିକ କାର୍ଯ୍ୟର ହାରକୁ ବୈଦ୍ୟୁତିକ **କ୍ଷମତା** କୁହାଯାଏ ଓ ଏହା ଭୋଲ୍ଟେଜ୍ E ଓ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା Iର ଗୁଣଫଳ ସହିତ ସମାନ ।

ମନେକର କେବଳ ରୋଧ R ଯୁକ୍ତ ପରିପଥରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି: ଚା: ବ:

$$E = E_0 \sin \omega t$$

∴ ପରିପଥରେ ତାତ୍କାଳିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା

$$I = \frac{E}{R} = \frac{E_0 \sin \omega t}{R} = I_0 \sin \omega t$$

ଯେଉଁଠାରେ I_0 = ସର୍ବାଧିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା
ପରିପଥରେ ତାତ୍କାଳିକ କ୍ଷମତା
$= EI = E_0 I_0 \sin^2 \omega t$

∴ ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆବର୍ତ୍ତି କାଳରେ ପରିପଥରେ ହାରାହାରି କ୍ଷମତା

$$= \frac{1}{T} \int_0^T E_0 I_0 \sin^2 \omega t \, dt$$

$$= \frac{E_0 I_0}{2T} \int_0^T (1 - \cos 2 \omega t) \, dt$$

$$= \frac{E_0 I_0}{2T} \left[t - \frac{\sin 2 \omega t}{2 \omega} \right]_0^T$$

$$= \frac{E_0 I_0}{2T} \left[T - \frac{1}{2 \omega} \left(\sin 2 \times \frac{2\pi}{T} \times T - \sin 0 \right) \right]$$

$$= \frac{E_0 I_0}{2T} \times T = \frac{E_0 I_0}{2} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} \times \frac{I_0}{\sqrt{2}} \quad \cdots \quad (20\cdot3)$$

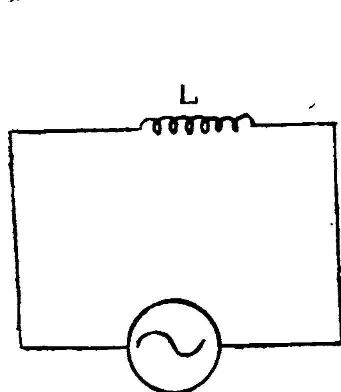
= କଳ୍ପିତ ବି: ଗ୍ର: ବ: × କଳ୍ପିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ।

ଏହି କ୍ଷମତା ଉତ୍ସ ଯୋଗାଇଥାଏ ଓ ଏହାଦ୍ୱାରା ରୋଧକଟି (Resistor) ଉତ୍ତପ୍ତ ହୁଏ । ସୁତରାଂ ରୋଧକରେ ତାପ ଉତ୍ପାଦନ ହାର ପରିପଥର କଳ୍ପିତ ବି: ଗ୍ର: ବ: ଓ କଳ୍ପିତ ପ୍ରବାହର ଗୁଣଫଳ ସହିତ ସମାନ ।

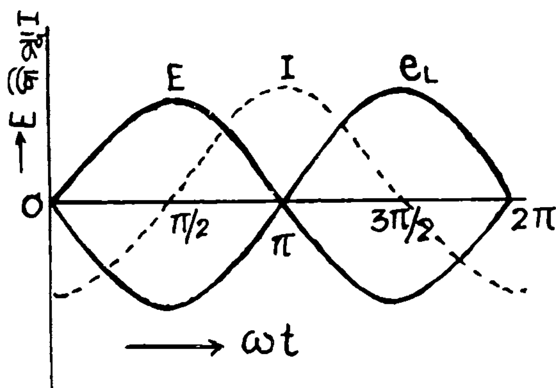
20·3 କେବଳ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଥିବା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥ (A. C. Circuit containing a pure Inductance) :

ମନେକର ପରିପଥର ପ୍ରେରକତ୍ୱ = L ଓ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି: ଗ୍ର: ବ: ଯଦି ପରିପଥରେ ତାତ୍କାଳିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା I ହୁଏ ତାହାହେଲେ ପ୍ରେରକର (Inductor) ଦୁଇପ୍ରାନ୍ତ

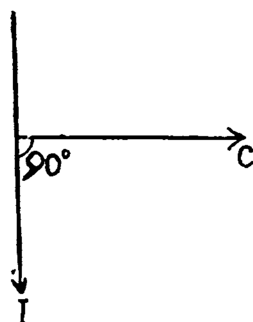
ମଧ୍ୟରେ ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ଯୋଗୁ ଏକ ବିପରୀତ ବି. ଚା. ବ. ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ଓ ତାହା ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାନର ବୃଦ୍ଧି ଓ ହ୍ରାସକୁ ପ୍ରତିରୋଧ କରେ । ତେଣୁ ପରିପଥରେ ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ



(ଚିତ୍ର ନଂ 20·2 a)



(ଚିତ୍ର ନଂ 20.2 b)



(ଚିତ୍ର ନଂ 20.2 c)

ପାଇଁ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି. ଚା. ବ. ଅତି କମ୍‌ରେ ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଚା. ବ. ସହିତ ସମାନ ହେବା ଆବଶ୍ୟକ ।

ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଚା. ବ. $= L\frac{dI}{dt}$

$\therefore \quad L\frac{dI}{dt} = E_0 \sin \omega t,$

କିମ୍ବା $\frac{dI}{dt} = \frac{E_0}{L} \sin \omega t,$

କିମ୍ବା $dI = \frac{E_o}{L} \sin \omega t \, dt$

ଉଭୟ ପାର୍ଶ୍ୱକୁ ସମାକଳନ କରି,

$$I = \frac{E_o}{L} \int \sin \omega t \, dt$$

କିମ୍ବା $I = - \frac{E_o}{\omega L} \cos \omega t$

$$= \frac{E_o}{\omega L} \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

$$= I_o \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad \cdots \quad \cdots \quad (20{\cdot}4)$$

ଏଠାରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ସର୍ବାଧିକ ମାନ

$$I_o = \frac{E_o}{\omega L}$$

ସମୀକରଣ (20·4)ରୁ ଜଣାଯାଏ ଯେ ଏଠାରେ **ପ୍ରବାହ ସରଳଆବର୍ତ୍ତୀ ଓ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି. ଚା. ବ.ର $\frac{\pi}{2}$ ପଶ୍ଚାତ୍‌ଗାମୀ** (Lag)।

କୁଣ୍ଡଳୀ ପ୍ରେରକର ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ଯୋଗୁଁ ଉଦ୍ଭବ ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଚା. ବ. ପ୍ରବାହର $\frac{\pi}{2}$ ପଶ୍ଚାତ୍‌ଗାମୀ ।

ମନେକର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $I = I_o \sin \omega t$

$\therefore$ ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଚା. ବ. $e_L = -L \frac{dI}{dt}$

$$= - L \frac{d}{dt} (I_o \sin \omega t)$$

$$= - L I_o \omega \cos \omega t$$

$$= \omega L I_o \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad (20{\cdot}5)$$

ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବ ଗ୍ନ. ବ., ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଓ ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ଯୋଗୁଁ ପଶ୍ଚାତ୍ ବି. ଗ୍ନ. ବ. କଳା ଅ.ରେଖ (Phase diagram) [ଚିତ୍ର ନଂ 20·2(b)] ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି । ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବ. ଗ୍ନ. ବ. ଓ ପ୍ରବାହ ଭେକ୍ଟର ରାଶି ହୋଇଥିବାରୁ ସେମାନଙ୍କୁ **ଭେକ୍ଟର ଆରେଖ** (Vector diagram) ଦ୍ୱାରା ଦର୍ଶାଯାଇପାରେ । ଏହି ଆରେଖରେ ପଶ୍ଚାତ୍‌ଗାମୀ (Lag) କୋଣ ଦକ୍ଷିଣାବର୍ତ୍ତୀ (Clockwise) ଓ ଅଗ୍ରଗାମୀ (Lead) କୋଣକୁ ବାମାବର୍ତ୍ତୀ (Anticlockwise) ଢଗରେ ମାପ କରାଯାଏ । କେବଳ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ପରିପଥର ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବ. ଗ୍ନ. ବ. ଓ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ଭେକ୍ଟର ଆରେଖ [ଚିତ୍ର ନଂ 20·2 (c)]ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଅଛି । ଏଠାରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବ. ଗ୍ନ. ବ. E ପ୍ରବାହମାତ୍ରା Iର $\frac{\pi}{2}$ ଅଗ୍ରଗାମୀ ଅଟେ ।

20·3 (b) କେବଳ ପ୍ରେରକତ୍ୱଯୁକ୍ତ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥରେ କ୍ଷମତା (Power in A. C. Circuit containing pure Inductance) :

ପରିପଥରେ ତାତ୍କାଳିକ କ୍ଷମତା

$$EI = E_0 \sin \omega t \times I_0 \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$= - E_0 I_0 \sin \omega t \cos \omega t$$

$$= - \frac{E_0 I_0 \sin 2\omega t}{2} \quad \ldots \quad \ldots \quad (20·6)$$

ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆବର୍ତ୍ତ କାଳରେ ପରିପଥରେ ହାରାହାରି କ୍ଷମତା

$$= -\frac{1}{T}\int_0^T \frac{E_0 I_0 \sin 2\omega t \, dt}{2}$$

$$= -\frac{E_0 I_0}{2T}\int_0^T \sin 2\omega t \, dt = 0 \quad \ldots. \quad (20·7)$$

20·4 ରୋଧ ଓ ପ୍ରେରକତ୍ୱଯୁକ୍ତ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥ (A. C. circuit containing Resistance and Inductance) :

ମନେକର ଯେ ପ୍ରେରକତ୍ୱ L ଓ ରୋଧ R ଥିବା ଏକ ପରିପଥରେ ଏକ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ବି. ଗ୍ଯ. ବ. $E = E_0 \sin \omega t$ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି । ଏହି ପରିପଥ ପାଇଁ ବି. ଗ୍ଯ. ବ. ର ସମୀକରଣ—

$$L \frac{dI}{dt} + RI = E_0 \sin \omega t \qquad \cdots \qquad (20{\cdot}8)$$

ଏହି ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ମାନ ଯାହା ହେଉ ନା କାହିଁକି ତାହା ନିଶ୍ଚୟ ଆବର୍ତ୍ତିକ (Periodic) ହେବ ଏବଂ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଚାଲୁ ରହିବା ପାଇଁ ତାହାର ଆବର୍ତ୍ତିତା (Periodicity) ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି. ଗ୍ଯ. ବ.ର ଆବର୍ତ୍ତିତା ସହିତ ସମାନ ହେବ । ତେଣୁ ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣର ସମାଧାନ ଅର୍ଥାତ୍ Iର ମାନ ଯାହା ହେବ ତନ୍ମଧ୍ୟରୁ କେବଳ ଯେଉଁ ପ୍ରବାହମାତ୍ରାର ଆବର୍ତ୍ତିତା ପ୍ରଯୁକ୍ତ ବି. ଗ୍ଯ. ବ. ର ଆବର୍ତ୍ତିତା ସହିତ ସମାନ ତାହା ହିଁ ବର୍ତ୍ତିଥିବ, ଅନ୍ୟଗୁଡ଼ିକ ଶୀଘ୍ର ଲୋପ ପାଏ । ଆଲୋଚ୍ୟ ପରିପଥରେ ଖୁବ୍ ଶୀଘ୍ର ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ହୁଏ ଓ ତାହାକୁ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ଅତି ସାଧାରଣ ସମୀକରଣଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଇପାରେ ।

$$\therefore \; I = A \sin \omega t + B \cos \omega t \qquad \cdots \qquad \cdots \qquad (20{\cdot}9)$$

ଏହି ପ୍ରବାହର ଆବର୍ତ୍ତ କାଳ $T = \frac{2\pi}{\omega}$ । ଏଠାରେ A ଓ B ଦୁଇଟି ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ଓ ସେମାନଙ୍କର ମାନ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରିବାକୁ ହେବ । ସେଥିପାଇଁ Iକୁ ଅବକଳନ କରି ସମୀକରଣ (20·9) ଅନୁଯାୟୀ $\frac{dI}{dt}$ ର ମାନ ଯାହା ହେବ ତାହା ଓ I ର ମାନ ସମୀକରଣ (20·8) ରେ ବସାଇବାକୁ ହେବ ।

$$\text{ବର୍ତ୍ତମାନ } \frac{dI}{dt} = \omega A \cos \omega t - \omega B \sin \omega t \quad \ldots\ldots \quad (20.10)$$

ମୂଳ ସମୀକରଣ (20·8) ରେ ଏହି ମାନ ବସାଇ

$$L \omega A \cos \omega t - L \omega B \sin \omega t + RA \sin \omega t + RB \cos \omega t = E_0 \sin \omega t \qquad (20{\cdot}11)$$

t ର ସମସ୍ତ ମାନ ପାଇଁ ଏହି ସମୀକରଣ ସତ୍ୟ ହେବ ।

(i) ଯେତେବେଳେ $t=0$, $\sin \omega t=0$ ଏବଂ $\cos \omega t=1$

$$\therefore \; L\omega A+RB=0 \quad \cdots \quad \cdots \quad (20\cdot12)$$

(ii) ଯେତେବେଳେ $\omega t=\frac{\pi}{2}$,

$\sin \omega t=1$ ଏବଂ $\cos \omega t=0$

$$\therefore \; -L\omega B+RA=E_0 \quad \cdots \quad \cdots \quad (20\cdot13)$$

ସମୀକରଣ (20·12) କୁ R ଦ୍ୱାରା ଓ ସମୀକରଣ (20.13)କୁ ωA ଦ୍ୱାରା ଗୁଣନ କର

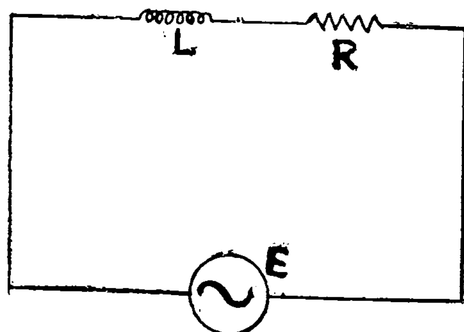
$$L\omega AR+R^2B=0 \quad \cdots\cdots \quad \cdots\cdots \quad (20.14)$$

ଏବଂ $L\omega AR-\omega^2L^2B=\omega LE_0 \quad \cdots \quad \cdots \quad (20.15)$

ସମୀକରଣ (20.14) ରୁ ସମୀକରଣ (20.15) ବିୟୋଗ କର

$$B\,(R^2+\omega^2L^2)=-\omega LE_0$$

$$\therefore \; B=-\frac{\omega LE_0}{R^2+\omega^2L^2} \quad \cdots \quad \cdots \quad (20.16)$$



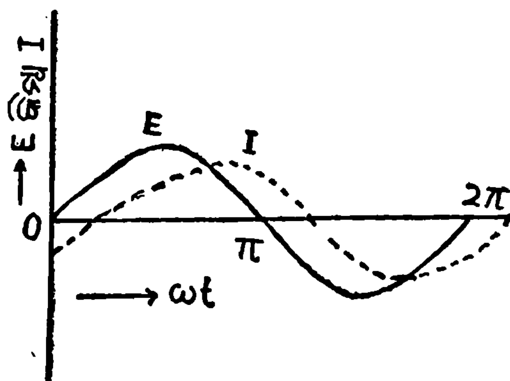
(ଚିତ୍ର ନଂ 20 3 a)

B ର ଏହି ମାନ ସମୀକରଣ (20.12) ରେ ବସାଇ—

$$A=\frac{RE_0}{R^2+\omega^2L^2} \quad \cdots \quad \cdots \quad (20.17)$$

A ଓ Bର ଏହି ମାନ ସମୀକରଣ (20·9)ରେ ବସାଇ

$$I = \frac{E_0}{R^2 + \omega^2 L^2}\left[R \sin \omega t - \omega L \cos \omega t \right]$$



(ଚିତ୍ର ନଂ 20.3 b)

$$= \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}\left[\frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \sin \omega t\right.$$

$$\left. - \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \cos \omega t \right] \quad \cdots \quad \cdots \quad (20{\cdot}18)$$

ଉପରୋକ୍ତ ସମୀକରଣକୁ ସୁବିଧାଜନକ ଭାବରେ ପ୍ରକାଶ କରିବା ପାଇଁ—

ଧରାଯାଉ $\cos \theta = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$, ତେଣୁ $\sin \theta = \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$

ଏବଂ $\tan \theta = \frac{\omega L}{R}$

$$\therefore I = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}\left[\cos \theta \sin \omega t - \sin \theta \cos \omega t\right]$$

$$= \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \sin(\omega t - \theta) \quad \cdots \quad (20{\cdot}19)$$

$$= I_0 \sin(\omega t - \theta) \quad \cdots \quad (20{\cdot}20)$$

$$\text{ଏଠାରେ } I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} = \text{ପ୍ରବାହର ସର୍ବାଧିକ ମାନ}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{\omega L}{R} = \text{ପଶ୍ଚାତ୍‌ଗାମୀ କୋଣ (Angle of Lag)}$$

ସମୀକରଣ (20·20)ରୁ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ ବି. ଗ୍ନ. ବ. ସର୍ବାଧିକ ହେବାର କିଛି ସମୟ ପରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସର୍ବାଧିକ ହୁଏ [ଚିତ୍ର ନଂ 20·3 (b) ଅର୍ଥାତ୍ ପ୍ରବାହ ମାତ୍ରା ବିଦ୍ୟୁତ୍‌ଚାଳକ ବଳର ପଶ୍ଚାତ୍‌ଗାମୀ ।

ଯେତେବେଳେ $L=0$,

$$\tan\theta = \frac{\omega L}{R} = 0$$

$$\therefore I = \frac{E_0 \sin \omega t}{R} = \frac{E}{R}$$

ଏଠାରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଓ ବି. ଗ୍ନ. ବ ସମକଳାରେ (Same phase)ରେ ରହନ୍ତି; ତେଣୁ ଓମ୍‌ଙ୍କ ନିୟମ ଅନୁଯାୟୀ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସର୍ବଦା ନିର୍ଣ୍ଣୟ କରାଯାଇପାରେ

(a) **ରିଏକ୍‌ଟାନ୍‌ସ** (Reactance) :—ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଥିବା କୌଣସି ପରିପଥରେ ସ୍ଥିର ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ତାହା ବିଦ୍ୟୁତ୍ ପ୍ରବାହକୁ ପ୍ରତିରୋଧ କରେ ନାହିଁ । କିନ୍ତୁ ଏହି ପରିପଥରେ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପ୍ରବାହିତ ହେଲେ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ମଧ୍ୟରେ ଯେଉଁ ବିପରୀତ ବି. ଗ୍ନ. ବ. ଉଦ୍ଭବ ହୁଏ ତାହା ପ୍ରବାହମାତ୍ରାକୁ ପ୍ରତିରୋଧ କରେ । ସୁତରାଂ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଥିଲେ ତାହା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପାଇଁ ଏକ ରୋଧ ତୁଲ୍ୟ କାର୍ଯ୍ୟ କରେ ଓ ତାହାକୁ ରିଏକ୍‌ଟାନ୍‌ସ (Reactance) କୁହାଯାଏ । ଏହାକୁ X_L ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

$$\therefore X_L = \omega L = 2\pi f L$$

ଏଠାରେ L=ପ୍ରେରକତ୍ୱ, f=ଆବୃତ୍ତି (Frequency) ରିଏକ୍‌ଟାନ୍‌ସର ମାନ ଧ୍ରୁବାଙ୍କ ନୁହେଁ, ଏହା ଆବୃତ୍ତି f ଉପରେ ନିର୍ଭର କରେ ।

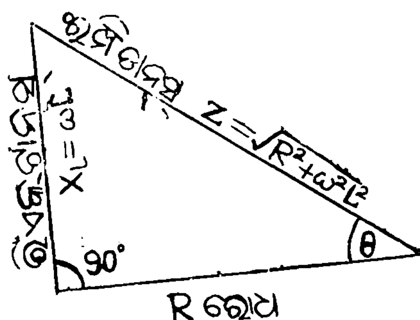
(b) **ଇମ୍ପିଡ଼ାନ୍‌ସ** (Impedance) :—ସମୀକରଣ (20·19)ରୁ ପ୍ରତିପାଦିତ ହୁଏ ଯେ ଏକ ସ୍ଥିର ସରଳ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ରୋଧ R ଯେଉଁ ଭୂମିକା ଗ୍ରହଣ କରେ, L ଓ R ଥିବା ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥରେ $\sqrt{R^2+\omega^2L^2}$ ଠିକ୍ ସେହି ଭୂମିକା ଗ୍ରହଣ କରେ । ଏହାକୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥର **ଇମ୍ପିଡ଼ାନସ** (Impeda-

nce) କୁହାଯାଏ ଓ ଏହା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥର କାର୍ଯ୍ୟକାରୀ ରୋଧ ଅଟେ । ଏହାକୁ ଅକ୍ଷର Z ଦ୍ୱାରା ପ୍ରକାଶ କରାଯାଏ ।

$$Z=\sqrt{R^2+\omega^2L^2}$$

(i) ଯେତେବେଳେ $L=0$ କିମ୍ବା $\omega=0$ ସେତେବେଳେ ଇମ୍ପିଡ଼ାନ୍ସ $\sqrt{R^2+\omega^2L^2}$ ରୋଧ R ରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।

(ii) ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ଆବୃତ୍ତି f ଯେତେବେଳେ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ହୁଏ ଅର୍ଥାତ୍ ω ଅଧିକ ହୁଏ ସେତେବେଳେ ରୋଧ R ନଗଣ୍ୟ ହୁଏ ଓ ଇମ୍ପିଡ଼ାନ୍ସ ωL ରେ ଅର୍ଥାତ୍ ରିଏକ୍ଟାନ୍ସ (Reactance) ରେ ପରିଣତ ହୁଏ ।



(ଚିତ୍ର ନଂ 20·4)

ତେଣୁ ନିମ୍ନ ଆବୃତ୍ତି ପାଇଁ ଇମ୍ପିଡ଼ାନ୍ସର ଚରମ (ସୀମାନ୍ତ) ମାନ (Limiting value) ରୋଧ R ଓ ଉଚ୍ଚ ଆବୃତ୍ତି ପାଇଁ ତାହାର ଚରମ ମାନ ରିଏକ୍ଟାନ୍ସ ωL ଅଟେ । ଇମ୍ପିଡ଼ାନ୍ସ, ରୋଧ ଓ ରିଏକ୍ଟାନ୍ସ ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ବନ୍ଧ ଓ ସେମାନଙ୍କର କଳା ପଶ୍ଚାତ୍ପଦନ (Phase lag) ଚିତ୍ର ନଂ 20·4ରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛି ।

(c) **ଏଡ୍‌ମିଟାନ୍ସ** (Admittance)—କୌଣସି ପରିପଥରେ ଇମ୍ପିଡ଼ାନ୍ସର ବ୍ୟୁତ୍କ୍ରମକୁ (Reciprocal) ପରିପଥର **ଏଡ୍‌ମିଟାନ୍ସ** କୁହାଯାଏ ।

(d) **ସସେପ୍ଟାନ୍ସ** (Susceptance)—କୌଣସି ପରିପଥରେ ରିଏକ୍ଟାନ୍ସର ବ୍ୟୁତ୍କ୍ରମକୁ ସସେପ୍ଟାନ୍ସ କୁହାଯାଏ ।

$\therefore$ ସସେପଟାନ୍ସ $Y_L = \frac{1}{X_L} = \frac{1}{\omega L}$

ଉଦାହରଣ (1) :—ଗୋଟିଏ କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରେରକତ୍ୱ $L = \cdot 7$ ହେନ୍‌ରି ଓ ତାହା ଏକ ପରିପଥରେ 50 ଓମ୍ ରୋଧ ସହିତ ଶ୍ରେଣୀଭୁକ୍ତ । ପରିପଥରେ ଯଦି 50 ଆବର୍ତ୍ତନ (Cycle) ବିଶିଷ୍ଟ 200 ଭୋଲ୍ଟ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଓ ତାହାର କଳା ପଶ୍ଚାତ୍ସ୍ୱନ (Phase lag) ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ ଇମ୍ପିଡ଼ାନ୍ସ $= \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$

$$= \sqrt{50^2 + (2\pi \times 50)^2 (\cdot 7)^2}$$

$$= 225 \cdot 6 \text{ ଓମ୍}$$

ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $I = \frac{\text{ବି: ଗ୍ର: ବ:}}{\text{ଇମ୍ପିଡ଼ାନ୍ସ}} = \frac{220}{225 \cdot 6} = 0 \cdot 8865$ ଏମ୍ପିୟର୍

$$\tan \theta = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi \times 50 \times \cdot 7}{50} = 4 \cdot 4$$

$\theta = \tan^{-1} 4 \cdot 4 = 77^\circ 10'$ (ପଶ୍ଚାତ୍ସ୍ୱନ) (ଉତ୍ତର)

20·4 (a) ରୋଧ ଓ ପ୍ରେରକତ୍ୱଯୁକ୍ତ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ କ୍ଷମତା (Power in A. C. circuit containing resistance and Inductance) :

ମନେକର ରୋଧ R ଓ ପ୍ରେରକତ୍ୱ L ଥିବା ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି: ଗ୍ର: ବ: $E = E_0 \sin \omega t$ । ଏହି ପରିପଥରେ ତାତ୍କାଳିକ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $I = I_0 \sin (\omega t - \theta)$ ।

ଏଠାରେ, $\tan \theta = \frac{\omega L}{R}$

ଏହି ପରିପଥରେ ତାତ୍କାଳିକ କ୍ଷମତା (Power)

$$= EI = E_0 I_0 \sin \omega t \sin (\omega t - \theta)$$

ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆବର୍ତ୍ତ କାଳରେ ପରିପଥରେ ହାରାହାରି କ୍ଷମତା

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T EI \, dt$$

$$=\frac{1}{T}\int_0^T E_oI_o \sin\omega t \sin(\omega t-\theta)\,dt$$

$$=\frac{E_oI_o}{T}\int_0^T\Big[\sin\omega t\big(\sin\omega t\cos\theta-\cos\omega t\sin\theta\big)\Big]dt$$

$$=\frac{E_oI_o}{T}\int_0^T \sin^2\omega t\cos\theta\,dt-\frac{E_oI_o}{2T}\int_0^T \sin 2\omega t\sin\theta\,dt$$

$$=\frac{E_oI_o}{T}\cos\theta\int_0^T \sin^2\omega t\,dt-$$

$$\frac{E_oI_o}{2T}\times\sin\theta\int_0^T \sin 2\omega t\,dt \quad (\because\ \theta=\text{ଧ୍ରୁବାଙ୍କ})$$

$$=\frac{E_oI_o}{T}\times\cos\theta\times\frac{T}{2}-\frac{E_oI_o}{2T}\times\sin\theta\times 0$$

$$=\tfrac{1}{2}E_oI_o\cos\theta=\frac{E_o}{\sqrt{2}}\times\frac{I_o}{\sqrt{2}}\times\cos\theta \quad \ldots\ldots \quad (20{\cdot}21)$$

$=$ କଳ୍ପିତ ବି. ଗ୍ଲ. ବ. $\times$ କଳ୍ପିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $\times \cos\theta$ .... (20·22)

କଳ୍ପିତ ବି. ଗ୍ଲ. ବ. $\frac{E_o}{\sqrt{2}}$ ଓ କଳ୍ପିତ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା $\frac{I_o}{\sqrt{2}}$ ର ଗୁଣଫଳକୁ **ଆଭାସୀ କ୍ଷମତା** (Apparent power) କୁହାଯାଏ ଏବଂ ଏହି ଆଭାସୀ କ୍ଷମତାକୁ $\cos\theta$ ଦ୍ୱାରା ଗୁଣନ କଲେ **ବାସ୍ତବ କ୍ଷମତା** (Real power) ମିଳେ ।

ଏହି cos θ, ଯାହାଦ୍ୱାରା ଆଭାସୀ କ୍ଷମତାକୁ ଗୁଣନ କଲେ ବାସ୍ତବ କ୍ଷମତା ମିଳେ, ତାହାକୁ **କ୍ଷମତା କାରକ** ବା **କ୍ଷମତା ଗୁଣକ** (Power factor) କୁହାଯାଏ ।

∴ ଓ୍ୱାଟ୍ ଏକକରେ ପ୍ରକାଶିତ କ୍ଷମତା

P = କଳିତ ଭୋଲ୍ଟ × କଳିତ ଏମ୍ପିୟର × କ୍ଷମତା କାରକ....(20·23)

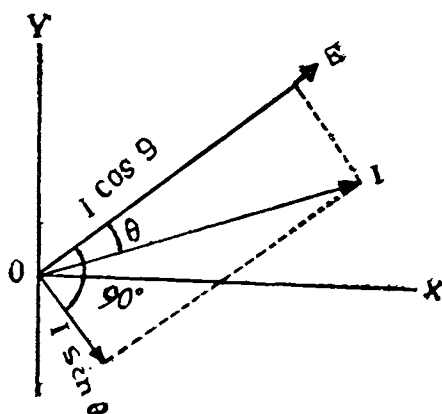
∴ କ୍ଷମତା କାରକ $\cos\theta = \dfrac{\text{ବାସ୍ତବ କ୍ଷମତା}}{\text{ଆଭାସୀ କ୍ଷମତା}} = \dfrac{R}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}$

$= \dfrac{\text{ରୋଧ}}{\text{ଇମ୍ପିଡାନ୍ସ}}$ .... [20·23 (a)]

20·4 (b) ନିଷ୍କ୍ରିୟ ବା ଓ୍ୱାଟ୍ବିହୀନ ପ୍ରବାହ (Idle or wattless current) :

ଯେତେବେଳେ **କ୍ଷମତା କାରକ** cos θ (Power factor cos θ) **ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ ଓ ପରିପଥରେ କୌଣସି କ୍ଷମତା ବ୍ୟୟ ହୁଏ ନାହିଁ ସେତେବେଳେ ପ୍ରବାହକୁ ନିଷ୍କ୍ରିୟ ବା ଓ୍ୱାଟ୍ ବିହୀନ ପ୍ରବାହ କୁହାଯାଏ ।**

ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଓ ରୋଧ ଥିବା ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହ I ବି. ଚୁ. ବ. Eର θ କୋଣ $\left(\theta = \cos^{-1}\dfrac{R}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}\right)$ ପଶ୍ଚାଦ୍‌ଗାମୀ । ବି. ଚୁ. ବ. ଓ ପ୍ରବାହ ଉଭୟ ଭେକ୍ଟର ରାଶି । ଆଲୋଚ୍ୟ ପରିପଥର ତାତ୍କାଳିକ



(ଚିତ୍ର ନଂ 20·5)

ବି ଚୁ ବ. E ଓ ପ୍ରବାହ I ପ୍ରତ୍ୟେକ ଚିତ୍ର ନଂ 20·5 ରେ ଭେକ୍ଟର ରୂପରେ ପ୍ରଦର୍ଶିତ ହୋଇଛୁ । ଏଠାରେ ପ୍ରବାହ I ବି. ଚୁ. ବ. Eର θ କୋଣ ପଶ୍ଚାଦ୍‌ଗାମୀ । ପ୍ରବାହ I ଭେକ୍ଟର ରାଶି ହୋଇଥିବାରୁ ତାହାକୁ ପରସ୍ପର ଲମ୍ବ ଦୁଇ ଦିଗରେ ବିଯୋଜନ (Resolve) କରାଯାଇ ପାରେ । ଚିତ୍ରରେ Iକୁ E ଦିଗରେ E ସହିତ ସମକୋଣ ଦିଗରେ ବିଯୋଜନ କରାଯାଇଛି ଓ ଏହି ଦୁଇ ଦିଗରେ Iର ଉପାଂଶ ଯଥାକ୍ରମେ I cos θ ଓ

$I \sin\theta$ । ଏଠାରେ ଉପାଂଶ $I\cos\theta$ ଓ ବି. ଗ୍ଣ. ବ. E ଉଭୟ ଏକ କଳାରେ (Same phase) ବର୍ତ୍ତମାନ. କିନ୍ତୁ ଉପାଂଶ $I \sin\theta$ ବି. ଗ୍ର. ବ. Eର $90°$ ପଶ୍ଚାତ୍‌ଗାମୀ ।

(i) ସୁତରାଂ ଉପାଂଶ $I\cos\theta$ ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟବହାର କାର୍ଯ୍ୟର ହାର ବା ବ୍ୟବହାର କ୍ଷମତା

$$\frac{I}{T}\int_0^T E\, I\cos\theta\, dt$$

$$\frac{I}{T}\int_0^T \sin\theta\, E_o \sin\omega t \times I\cos\theta \sin\omega t\, dt$$

$$= \frac{E_o I_o}{T} \times \cos\theta \int_0^T \sin^2\omega t\; dt$$

$$\frac{E_o I_o}{T} \times \cos\theta \times \frac{T}{2} = \tfrac{1}{2} E_o I_o \cos\theta$$

$$= \frac{E_o}{\sqrt{2}} \times \frac{I_o}{\sqrt{2}} \times \cos\theta$$

ଏହି କ୍ଷମତା L – R ପତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥରେ ବ୍ୟୟ ହେଉଥିବା ବାସ୍ତବ କ୍ଷମତା । ସେଥିପାଇଁ ପ୍ରବାହର $I\cos\theta$ ଉପାଂଶକୁ ପ୍ରବାହର କ୍ରିୟା ଉପାଂଶ କୁହାଯାଏ ।

(ii) ପ୍ରବାହର $I \sin\theta$ ଉପାଂଶ ବି. ଗ୍ର. ବ. Eର $90°$ ପଶ୍ଚାତ୍‌ଗାମୀ । ଏହି ଉପାଂଶ ଦ୍ୱାରା ବ୍ୟବହାର କାର୍ଯ୍ୟର ହାର ବା ବ୍ୟବହାର କ୍ଷମତା

$$= \frac{I}{T}\int_0^T E\, I\sin\theta\, dt$$

$$= \frac{I}{T}\int_0^T E_o \sin\omega t\, I_o \sin\theta \times \sin(\omega t - 90°)\, dt$$

$$=\frac{E_0 I_0}{T} \sin\theta \int_0^T -\sin \omega t \cos \omega t \, dt$$

$$=-\frac{E_0 I_0 \sin\theta}{2T} \int_0^T \sin 2\omega t \, dt$$

$$=-\frac{E_0 I_0 \sin\theta}{2T} \times 0 = 0$$

ସୁତରାଂ ପ୍ରବାହର $I \sin\theta$ ଉପାଂଶ ଦ୍ୱାରା L - R ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥରେ କୌଣସି କ୍ଷମତା ବ୍ୟୟ ହୁଏ ନାହିଁ ଓ ସେଥିପାଇଁ ଏହି $I \sin\theta$ ଉପାଂଶକୁ **ନଷ୍ଟ୍ରିୟ ବା ଓ୍ୱାଟ୍ ବିହୀନ ପ୍ରବାହ** କୁହାଯାଏ ।

ଯେତେବେଳେ L – R ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥରେ Lର ମାନ R ତୁଳନାରେ ଖୁବ୍ ଅଧିକ ହୁଏ ସେତେବେଳେ R ନଗଣ୍ୟ ହୋଇଥିବାରୁ କ୍ଷମତା କାରକ $\cos\theta = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega L^2}} = 0$ ହୁଏ । ଏହି କ୍ଷେତ୍ରରେ ପରିପଥରେ କୌଣସି କ୍ଷମତା ବ୍ୟୟ ହୁଏ ନାହିଁ ଓ ତେଣୁ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ସମ୍ପୂର୍ଣ୍ଣରୂପେ ନଷ୍କ୍ରିୟ ବା ଓ୍ୱାଟ୍ ବିହୀନ ହୁଏ । ସୁତରାଂ **ଯେତେବେଳେ** $\cos\theta = 0$ ବା $\theta = 90°$ **ଅର୍ଥାତ୍ ବି: ଗ୍ଧ· ବ. ଓ ପ୍ରବାହ ମଧ୍ୟରେ କଳା ତାରତମ୍ୟ 90° ସେତେବେଳେ ପ୍ରବାହ ନଷ୍କ୍ରିୟ ହୁଏ ।**

ଉଦାହରଣ (1) :—50 ଆବର୍ତ୍ତନ/ସେକେଣ୍ଡ ବିଶିଷ୍ଟ 200 ଭୋଲ୍ଟ ବି:ଗ୍ଧ: ବ: ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଥିବା ଗୋଟିଏ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ L – R ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା 1 ଏମ୍ପିୟର ଓ ତାହା ବି: ଗ୍ଧ: ବ:ର 30° ପଶ୍ଚାତ୍‌ଗାମୀ । ପରିପଥର (i) ରୋଧ, (ii) ରିଏକ୍ଟାନ୍ସ ଓ (iii) ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

ଏଠାରେ ଇମ୍ପିଡ଼ାନ୍ସ

$$=\frac{\text{ବି: ଗ୍ଧ: ବ:}}{\text{ପ୍ରବାହ}} = \frac{200}{1} = 200 \text{ ଓମ୍}$$

କ୍ଷମତା କାରକ (P. F)= cos 30°

$$=\frac{R}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$$

$$= \frac{\text{ରୋଧ}}{\text{ଇମ୍ପିଡ଼ାନସ}} = \frac{R}{200}$$

(i) ∴ ରୋଧ $R = 200 \times \cos 30^\circ$

$= 200 \times \cdot 866 = 173\cdot 2$ ଓମ

(ii) $\sin \theta = \frac{\omega L}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}} = \frac{\text{ରିଏକ୍ଟାନ୍ସ}}{\text{ଇମ୍ପିଡାନ୍ସ}} = \frac{X_L}{200}$

∴ ରିଏକ୍ଟାନ୍ସ $X_L = 200 \times \sin 30^\circ = 200 \times \frac{1}{2} = 100$ ଓମ୍

(iii) $X_L = \omega L = 2\pi f L$

ଏଠାରେ $f = 50$ ଆବର୍ତ୍ତନ/ସେକେଣ୍ଡ

∴ ପ୍ରେରକତ୍ୱ $L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{100}{2 \times 3\cdot 14 \times 50} = 0\cdot 3$ ହେନ୍‌ରି

20·5 ଚୋକ୍ କୁଣ୍ଡଳୀ (Choking Coil) :

ଅନେକ ସମୟରେ ବିଭିନ୍ନ ଉଦ୍ଦେଶ୍ୟରେ କୌଣସି ବୈଦ୍ୟୁତିକ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ କରିବା ଆବଶ୍ୟକ ହୋଇଥାଏ; କିନ୍ତୁ ଏହି ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ କରିବାବେଳେ ଯେପରି କମ୍ ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହୁଏ ସେଥିପ୍ରତି ଦୃଷ୍ଟି ଦେବା ଆବଶ୍ୟକ । ଗୋଟିଏ ସରଳ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ଉପଯୁକ୍ତ ରୋଧ R ବ୍ୟବହାର କରି ଆବଶ୍ୟକ ପରିମାଣ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ କରାଯାଏ । କିନ୍ତୁ ଏହି ରୋଧ R ବ୍ୟବହାର କରିବାବେଳେ I^2R ପରିମାଣ କ୍ଷମତା (ଜୁଲ୍ ତାପ) ଅପଚୟ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ରୋଧ ପରିବର୍ତ୍ତେ ଏକ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଥିବା କୁଣ୍ଡଳୀ (Coil with inductance) ବ୍ୟବହାର କରି ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ କରାଯାଇ ପାରେ ଓ ଏହି କ୍ଷତି କମ୍ ବ୍ୟୟସାପେକ୍ଷ । ଯଦି ଏହି କୁଣ୍ଡଳୀର ପ୍ରେରକତ୍ୱ L ହୁଏ ତାହାହେଲେ ତାହା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ବ୍ୟବହୃତ ହେବାବେଳେ ତାହାର ରିଏକ୍ଟାନସ (Reactance) $X_L = \omega L = 2\pi f L$ ହୁଏ (ଏଠାରେ f = ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହର ଆବୃତ୍ତି) ଓ ତାହା ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହକୁ ବାଧା ଦିଏ । ଯଦି f ଅଧିକ ହୁଏ ତାହା ହେଲେ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ପ୍ରବଳ ବାଧାପ୍ରାପ୍ତ ହୁଏ ଓ ତାହାର ମାତ୍ରା ହ୍ରାସ ପାଏ । ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ କରିବା ପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହେଉଥିବା ଏହି ପ୍ରକାର ପ୍ରେରକତ୍ୱଯୁକ୍ତ କୁଣ୍ଡଳୀକୁ **ଚୋକ କୁଣ୍ଡଳୀ** କୁହାଯାଏ ।

ଚୋକ୍ କୁଣ୍ଡଳୀ ସାଧାରଣତଃ ମୋଟା ତାରରେ ତିଆରି ହୋଇଥାଏ । ଏହାର ରୋଧ ଖୁବ୍ କମ୍ କିନ୍ତୁ ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ଖୁବ୍ ଅଧିକ । ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ସ୍ୱପ୍ରେରକତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଯେଉଁ ଚୋକ୍ କୁଣ୍ଡଳୀ ଉଚ୍ଚ ଆବୃତ୍ତିଯୁକ୍ତ ପ୍ରବାହମାନଙ୍କୁ ହ୍ରାସ କରିବାପାଇଁ ବ୍ୟବହୃତ ହୁଏ ତାହାକୁ **ଉଚ୍ଚ ଆବୃତ୍ତି ଚୋକ୍** (High frequency choke) କୁହାଯାଏ । ନିମ୍ନ ଆବୃତ୍ତିଯୁକ୍ତ ପ୍ରବାହକୁ ପ୍ରତିରୋଧ କରିବାପାଇଁ ଉଚ୍ଚ L ଯୁକ୍ତ ଚୋକ୍ ବ୍ୟବହାର କରାଯାଏ ଓ ଏହି ଚୋକ୍‌କୁ **ନିମ୍ନ ଆବୃତ୍ତି ଚୋକ୍** (Low frequency) କୁହାଯାଏ । ଉଚ୍ଚ ଆବୃତ୍ତି ଚୋକ୍ (H. F. Choke) ସାଧାରଣତଃ ବାୟୁ ଅନ୍ତର (Air Core) ଯୁକ୍ତ ହୋଇଥାଏ କିନ୍ତୁ ନିମ୍ନ ଆବୃତ୍ତି ଚୋକ୍ (L F. Choke)ରେ ନରମ ଲୁହାର ଅନ୍ତର ଥାଏ ।

ଚୋକ୍ କୁଣ୍ଡଳୀର ରୋଧ ଖୁବ୍ ନଗଣ୍ୟ (ωL ତୁଳନାରେ) ହୋଇଥିବାରୁ ତାହାର କ୍ଷମତାକାରକ $\cos\theta = 0$ ଏବଂ ତେଣୁ ଏହା କ୍ଷମତା ବ୍ୟୟ କରେ ନାହିଁ (Consumes no power from source) । ପୁନଶ୍ଚ ଏହାର ରୋଧ ନଗଣ୍ୟ ହୋଇଥିବାରୁ I^2R ଅପଚୟ ମଧ୍ୟ ଶୂନ୍ୟ ହୁଏ ।

କେବଳ ଯେଉଁ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଚୋକ୍ ମଧ୍ୟରେ ଲୁହା ଅନ୍ତର ବ୍ୟବହାର କରାଯାଇଥାଏ ସେ କ୍ଷେତ୍ରରେ ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ (Hysteresi loss) ପାଇଁ କିଛି ଶକ୍ତି ନଷ୍ଟ ହୁଏ । କିନ୍ତୁ ଏକ ନିର୍ଦ୍ଦିଷ୍ଟ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ ପାଇଁ ଆବଶ୍ୟକ ହେଉଥିବା ରୋଧରେ ଯେଉଁ ପରିମାଣ ଶକ୍ତି ଅପଚୟ (I^2Rt) ହୁଏ । ଚୋକ୍ ବ୍ୟବହାର କଲେ ସେଥିରେ ଶୈଥିଲ୍ୟ ଅପଚୟ ଯୋଗୁ ଅପେକ୍ଷାକୃତ ଖୁବ୍ କମ୍ ଶକ୍ତି ଅପଚୟ ହୁଏ ।

ତେଣୁ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ହ୍ରାସ କରିବାପାଇଁ ଚୋକ୍ ବ୍ୟବହାର କରିବା କମ୍ ବ୍ୟୟ ସାପେକ୍ଷ ।

ପ୍ରଶ୍ନମାଳା

1. (i) କେବଳ ରୋଧ ଓ (ii) କେବଳ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଥିବା ପରିପଥରେ ଏକ ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି. ଗ୍ଲ. ବ. ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଥିବା ବେଳେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଓ ବି. ଗ୍ଲ. ବ. ମଧ୍ୟରେ ସମ୍ପର୍କ ଦର୍ଶାଅ ।

2. ସରଳ ଆବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି. ଗ୍ର. ବ. ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଥିବା ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ କେବଳ ପ୍ରେରକତ୍ୱ । ଏହି ପରିପଥରେ ସମସ୍ତ ସହିତ ବି.ଗ୍ର.ବ. ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଓ କ୍ଷମତା କିପରି ପରିବର୍ତ୍ତିତ ହେବ ଦର୍ଶାଅ ।

3. ରୋଧ ଓ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଥିବା ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଓ ବି. ଗ୍ର. ବ. ମଧ୍ୟରେ ଏକ ସମ୍ପର୍କ ସୂଚକ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର ।

4. ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ରୋଧ ଓ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଅଛି । ଏହି ପରିପଥର ରିଏକ୍‌ଟାନ୍‌ସ ଓ ଇମ୍ପିଡ଼ାନ୍‌ସ କାହାକୁ କୁହାଯାଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

5. ରୋଧ ଓ ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଥିବା ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ ଏକ ପୂର୍ଣ୍ଣ ଆବର୍ତ୍ତନ କାଳରେ ହାରାହାରି କ୍ଷମତା ସୂଚକ ଏକ ସୂତ୍ର ନିର୍ଗମନ କର ଓ 'କ୍ଷମତା କାରକ' କାହାକୁ କୁହାଯାଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

6. 200 ଭୋଲ୍‌ଟ ଓ 50 ଆବର୍ତ୍ତନ/ସେକେଣ୍ଡ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ବି: ଗ୍ର: ବ: 20 ଓମ୍ ରୋଧ ଓ ·02 ହେନରି ପ୍ରେରକତ୍ୱ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ କୁଣ୍ଡଳୀ ସହିତ ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି । ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଓ ତାହା ବି: ଗ୍ର: ବ:ଠାରୁ କେତେ ପଶ୍ଚାତ୍-ଗାମୀ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

7. ଗୋଟିଏ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ L – R ପରିପଥରେ 200 ଭୋଲ୍‌ଟ 50 ଆବର୍ତ୍ତନ/ସେକେଣ୍ଡ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବି: ଗ୍ର: ବ: ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି । ପରିପଥରେ ପ୍ରବାହମାତ୍ରା ଯଦି 2 ଏମ୍ପିୟର ହୁଏ ଓ ତାହା ବି: ଗ୍ର. ବ.ର 30° ପଶ୍ଚାତ୍‌ଗାମୀ ହୁଏ ତାହାହେଲେ ଉପରିପଥର (i) ରୋଧ, (ii) ରିଏକ୍‌ଟାନ୍‌ସ ଓ (iii) ପ୍ରେରକତ୍ୱ ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

8. ନିମ୍ନଲିଖିତ ବିଷୟରେ ସଂକ୍ଷିପ୍ତ ଟିପ୍‌ପଣୀ ଲେଖ—

(i) ନିଷ୍କ୍ରିୟ ବା ଓ୍ୱାଟ ବିହୀନ ପ୍ରବାହ

(ii) ଚୋକ୍ କୁଣ୍ଡଳୀ

(iii) କ୍ଷମତା କାରକ

୨. ଗୋଟିଏ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ 'କ୍ଷମତା କାରକ' ଓ 'ନିଷ୍କ୍ରିୟ ପ୍ରବାହ' କାହାକୁ କୁହାଯାଏ ବୁଝାଇ ଦିଅ ।

1000 ଓମ୍ ରୋଧ ଓ 2 ହେନ୍‌ରି ପ୍ରେରକତ୍ୱ ଥିବା ଏକ ପ୍ରତ୍ୟାବର୍ତ୍ତୀ ପ୍ରବାହ ପରିପଥରେ 50 ଆବର୍ତ୍ତନ/ସେକେଣ୍ଡ ବିଶିଷ୍ଟ ଏକ ବି: ଚା. ବ: ପ୍ରଯୁକ୍ତ ହୋଇଛି ; ପରିପଥର 'କ୍ଷମତା କାରକ' ନିର୍ଣ୍ଣୟ କର ।

[ଉ. ·୨୪]